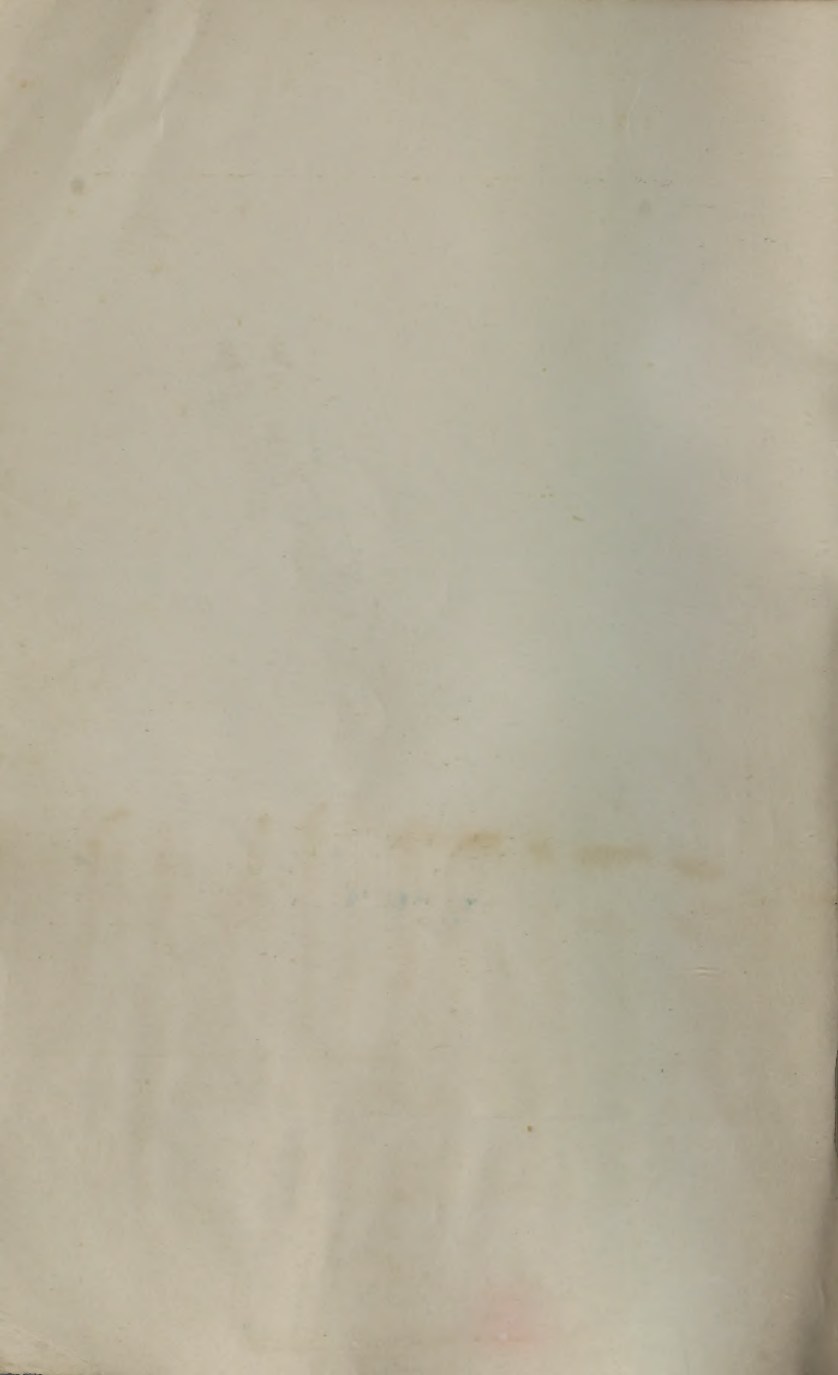




青年自学丛书

# 生物基础知识

上海人民出版社





58.1  
140  
(1)

青年自学丛书

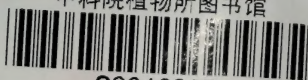
生物基础知识

复旦大学生物系《生物基础知识》编写组编

019976

上海人民出版社

中科院植物所图书馆



S0012927

青年自学丛书

生物基础知识

复旦大学生物系《生物基础知识》编写组编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 16.25 字数 355,000

1975年1月第1版 1975年1月第1次印刷

印数 1—500,000

统一书号: 13171·119 定价: 0.84元

## 毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。停止的论点，悲观的论点，无所作为和骄傲自满的论点，都是错误的。其所以是错误，因为这些论点，不符合大约一百万年以来人类社会发展的历史事实，也不符合迄今为止我们所知道的自然界（例如天体史，地球史，生物史，其他各种自然科学史所反映的自然界）的历史事实。





## 《青年自学丛书》编辑说明

毛主席教导我们：“知识青年到农村去，接受贫下中农的再教育，很有必要。”成千上万的知识青年，响应毛主席的伟大号召，满怀革命豪情，奔赴祖国的农村和边疆。他们认真读马、列的书，读毛主席的书，积极投入批林批孔，朝气蓬勃地战斗在三大革命运动的第一线，坚定地走同工农相结合的道路，对建设社会主义新农村作出了贡献，阶级斗争和路线斗争的觉悟有了很大提高。无产阶级英雄人物不断涌现，一代革命青年正在茁壮成长。这是毛主席革命路线的伟大胜利。

按照毛主席关于“要关怀青年一代的成长”的教导，为了适应广大上山下乡知识青年自学的需要，特编辑、出版这套《青年自学丛书》。丛书以马列主义、毛泽东思想为指导，内容包括哲学、社会科学、文学、自然科学的一些基本知识和实用农业技术知识等。我们希望，这套丛书的出版，能对上山下乡知识青年的学习起积极作用，有助于他们进一步提高路线斗争觉悟、政治理论水平和文化科学水平，在又红又专的道路上阔步前进，更好地适应建设社会主义新农村和各项事业发展的需要。

我们对大力支持这套丛书的出版工作的有关单位和作者，表示衷心的感谢，并欢迎广大读者对这套丛书提出意见和批评，以便改进。

上海人民出版社





## 编 者 的 话

自然界是由无生命和有生命两大类物质构成的。无生命物质又叫非生物,包括江、河、湖、海,光、声、电、热和各种矿物质、无机与有机物质等等。有生命的物质,又叫生物。生物范围极广,除人类以外,还包括微生物、植物和动物。在本书中,我们用较大的篇幅,分别介绍这三大类生物的形态、结构和功能,以及它们个体的生长、发育、繁殖和类群的特征及其相互关系等等。另外,从这几类生物的共性出发,着重介绍细胞以及变异和遗传。细胞是各类生物(除了最低级的以外)所共有的形态结构基础和功能单位;变异和遗传则是各类生物共有的主要生命特征之一。最后,介绍生物进化发展的历史及其规律,简要阐述生命、细胞、物种及人类的起源问题,批判生物进化史和四大起源学说中的唯心论和形而上学观点。

本书的目的,是帮助广大下乡上山知识青年掌握一些基本的生物科学知识,希望有助于他们总结贫下中农和自身丰富的科学实践经验,使实践逐步上升为理论,并进一步指导实践。同时,从自然科学的部门之一——生物学这个角度,提供一些材料,供学习马克思主义哲学时参考。

在编写过程中,我们努力以马克思列宁主义、毛泽东思想为指导,力求贯彻历史唯物主义和辩证唯物主义的观点,联系农村三大革命实践,批判生物学领域中的唯心论的“先验论”和“天命观”。为了便于自学,书中避免用过于专门的术语,并选配了适当的插图。但是,由于我们对农村的三大革命实践认识很浅,对知识青年在农村中战天斗地的崇高革命思想学

习得不够，又由于我们对生物学领域里的革命大批判开展得不深，书中一定存在不少缺点和错误，希望广大读者批评指正，以利于今后修改提高。

各级领导，广大工农兵和下乡上山知识青年，对本书的编写工作曾给予很大的关心和支持，特别是上海市前进农场和星火农场的知识青年，在本书的编写过程中提出了许多宝贵意见和建议，并参加了一部分审稿、编写工作。谨此表示感谢。

复旦大学生物系《生物基础知识》编写组

1974.3.

# 目 录

## 细 胞

一、原生质 .....	2
1. 蛋白质(2) 2. 核酸(3) 3. 碳水化合物(3) 4. 脂类(3)	
5. 水(3) 6. 无机盐类(4)	
二、细胞的构造与机能 .....	4
1. 细胞膜(4) 2. 细胞质(7) 3. 细胞核(10)	
三、细胞的分裂 .....	14
1. 无丝分裂(14) 2. 有丝分裂(14)	
四、细胞的分化 .....	17

## 植 物

被子植物的生活 .....	20
一、种子萌发 .....	20
(一) 种子的结构 .....	21
(二) 种子的生活力 .....	22
(三) 种子的萌发 .....	23
(四) 影响萌发的条件 .....	25
(五) 争取壮苗早发 .....	27
二、营养生长 .....	27
(一) 根的形态结构和生理功能 .....	28



1.根系的结构特征(29)	2.根系的生理功能(34)	3.根系的生长活动(39)	
(二)苗的发育			41
1.茎尖生长(41)	2.分枝和整枝(43)	3.增蘖与控蘖(44)	
(三)茎的结构与生理功能			46
1.茎的结构(46)	2.茎的生理功能(49)		
(四)叶的形态结构与生理功能			52
1.叶的形态特征(52)	2.光合作用(53)	3.蒸腾作用(57)	
(五)营养器官的变态与繁殖			59
三、生殖生长			61
(一)花的形态与构造			62
1.花柄(62)	2.花托(62)	3.花被(62)	4.雄蕊群(62)
5.雌蕊群(63)			
(二)有性生殖过程			65
1.花粉粒的形成(65)	2.胚囊的形成(68)	3.开花与授粉(69)	
4.双受精(71)	5.影响有性生殖的条件(72)		
(三)种子的形成			74
1.胚乳的形成(74)	2.胚的发育(75)	3.多胚现象(77)	
四、个体的生长发育			79
(一)生长和发育			79
(二)花的形态发生			80
1.油菜的花和花序分化(81)	2.水稻的花和穗分化(83)		
(三)个体发育的规律性			86
1.光对个体发育的影响(86)	2.温度对个体发育的影响(88)		
3.影响花形态分化的条件(88)			
(四)植物激素在生长发育中的作用			89
1.生长激素(90)	2.赤霉素(90)	3.激动素(91)	4.休眠素(91)
(五)怎样解决营养生长与生殖生长的矛盾			92
植物的类群			93
一、藻类植物			96
(一)藻类的一般特征			96



(二)藻类植物的分类.....	98
1.蓝藻门(98)    2.绿藻门(99)    3.褐藻门(102)    4.红藻门(104)    5.金藻门(104)	
(三)藻类植物资源的开发利用.....	105
二、苔藓和蕨类.....	107
(一)苔藓和蕨类在植物进化中的地位.....	107
(二)苔藓植物的基本特征.....	108
1.地钱(108)    2.葫芦藓(109)	
(三)蕨类植物的分类.....	111
1.松叶蕨纲(111)    2.石松纲(113)    3.木贼纲(114)    4.真蕨纲(115)	
三、裸子植物.....	116
(一)裸子植物在植物进化中的地位.....	116
(二)松柏门植物的分类.....	117
四、被子植物.....	123
(一)双子叶植物纲.....	124
1.木兰科(124)    2.毛茛科(124)    3.十字花科(125)    4.蓼科(125)    5.藜科(127)    6.葫芦科(127)    7.锦葵科(129)    8.大戟科(130)    9.蔷薇科(131)    10.豆科(131)    11.桑科(132)    12.山毛榉科(132)    13.伞形花科(132)    14.菊科(134)    15.茄科(135)    16.唇形科(135)    17.旋花科(136)	
(二)单子叶植物纲.....	138
1.禾本科(138)    2.百合科(149)    3.棕榈科(151)    4.兰科(151)	

## 动    物

动物体的构造.....	161
一、动物的组织.....	161
(一)上皮组织.....	161
(二)结缔组织.....	163
1.疏松结缔组织(163)    2.致密结缔组织(165)    3.网状结缔组	

织(165) 4.软骨和骨组织(167) 5.血液和淋巴(169)	
(三)肌肉组织.....	174
1.平滑肌(174) 2.横纹肌(175) 3.心肌(175)	
(四)神经组织.....	176
1.神经细胞(176) 2.神经胶质细胞(178)	
二、动物的器官系统 .....	178
(一)皮肤系统.....	180
1.皮肤的基本构造(180) 2.皮肤衍生物(181)	
(二)肌肉系统.....	184
(三)骨骼系统.....	185
1.骨的种类(186) 2.骨骼的区分(187)	
(四)消化系统.....	188
1.消化器官的构造和机能(189) 2.食物的消化和吸收(196)	
(五)呼吸系统.....	200
1.呼吸器官(200) 2.呼吸作用(202)	
(六)循环系统.....	202
1.血液循环系统(203) 2.淋巴系统(206)	
(七)排泄系统.....	206
1.排泄器官(207) 2.尿的分泌及排出(209)	
(八)生殖系统.....	209
1.雄性生殖器官(209) 2.雌性生殖器官(211)	
(九)神经系统.....	213
1.中央神经系统(213) 2.周围神经系统(216)	
(十)感觉器官.....	220
1.嗅觉器官(220) 2.听觉器官和平衡器(220) 3.视觉器官(222)	
4.味觉器官(223)	
(十一)内分泌系统.....	224
1.内分泌的作用(224) 2.主要内分泌腺及其机能(224)	
三、动物的繁殖和胚胎发育 .....	227
(一)生殖细胞.....	228

(二)排卵和射精·····	230
(三)受精过程·····	231
(四)早期胚胎发育·····	232
(五)胎膜和胎盘·····	235
1.胎膜(235) 2.胎盘(236)	
(六)妊娠与分娩·····	239
(七)胚后发育·····	239
动物的类群·····	240
一、原生动物门·····	241
1.变形虫纲(242) 2.纤毛虫纲(242) 3.孢子虫纲(243) 4.鞭毛虫纲(245)	
二、海绵动物门·····	246
三、腔肠动物门·····	247
四、扁形动物门·····	249
1.吸虫纲(249) 2.绦虫纲(252)	
五、线形动物门·····	253
六、环节动物门·····	257
1.多毛纲(257) 2.寡毛纲(257) 3.蛭纲(259)	
七、软体动物门·····	260
1.腹足纲(261) 2.瓣鳃纲(261) 3.头足纲(262)	
八、节肢动物门·····	262
1.甲壳纲(263) 2.蛛形纲(264) 3.多足纲(264) 4.昆虫纲(265)	
九、棘皮动物门·····	276
十、脊索动物门·····	278
(一)原索动物亚门·····	278
(二)脊椎动物亚门·····	279
1.圆口纲(279) 2.鱼纲(280) 3.两栖纲(296) 4.爬行纲(297)	
5.鸟纲(300) 6.哺乳纲(321)	

# 微 生 物

怎样认识微生物 .....	326
一、微生物是什么 .....	326
二、识别微生物的主要根据 .....	329
微生物的基本特征与常用常见菌 .....	329
一、细菌 .....	329
(一)细菌的基本特征 .....	330
1. 细菌的基本形态(330)   2. 细菌细胞的构造(332)   3. 细菌的繁殖方式(334)	
(二)常用常见的细菌 .....	335
1. 根瘤菌(335)   2. 磷细菌(336)   3. 钾细菌(337)   4. 自生固氮菌(337)   5. 杀螟杆菌和青虫菌(338)	
二、放线菌 .....	339
(一)放线菌的基本特征 .....	340
(二)常用常见的放线菌 .....	341
1. “5406”放线菌(342)   2. 小金色放线菌(344)   3. 龟裂链霉菌(344)   4. 灰色链霉菌(345)	
三、真菌 .....	345
(一)酵母菌 .....	346
(二)霉菌 .....	347
(三)常用常见的真菌 .....	348
四、病毒 .....	356
微生物的培养与灭菌 .....	361
一、微生物营养的特点 .....	361
二、微生物的基本营养 .....	361
1. 水分(362)   2. 碳源(362)   3. 氮源(363)   4. 无机盐类(363)	
5. 生长因素(364)   6. 能源(364)	

三、微生物的营养类型 .....	364
四、培养基 .....	365
(一)培养基的种类.....	365
1.天然培养基与合成培养基(365)    2.液体培养基与固体培养基 (366)	
(二)培养基的选择.....	368
1.根据微生物的种类来选择(368)    2.根据生产的要求来选择 (370)	
(三)培养基的设计.....	371
五、灭菌 .....	373
微生物的生长与发酵 .....	377
一、微生物生长繁殖的规律性 .....	377
1.缓慢期(378)    2.对数期(378)    3.恒定期(379)    4.衰亡期 (379)	
二、微生物发酵 .....	380
(一)什么是发酵.....	380
(二)发酵的类型.....	380
1.好气性发酵与厌气性发酵(380)    2.固体发酵与液体发酵(380)	
(三)发酵的全过程.....	382
菌种保存与复壮 .....	390
一、菌种保存 .....	390
二、菌种复壮 .....	391
1.纯化分离(392)    2.寄主复壮(393)    3.改变培养条件(394)	
4.控制传代次数(394)	

## 变异和遗传

一、遗传的变异和不遗传的变异 .....	399
二、遗传的物质基础 .....	400



三、染色体的化学性质 .....	404
(一)DNA 转化 .....	405
(二)噬菌体(细菌病毒)感染 .....	406
四、遗传学的两个基本规律——分离规律和独立分 配规律 .....	409
(一)分离规律 .....	409
(二)独立分配规律 .....	416
五、数量性状遗传 .....	419
六、数量性状和选择 .....	422
七、杂种优势 .....	424
八、性别决定和伴性遗传 .....	427
九、细胞质遗传 .....	431
十、基因和性状发育 .....	433
十一、遗传的分子基础 .....	433
十二、遗传的变异 .....	438

## 生物的进化

一、两种宇宙观的斗争 .....	443
(一)进化论与特创论 .....	443
(二)进化的原因和动力 .....	444
(三)达尔文进化学说的发展 .....	454
二、生物进化的例证 .....	459
(一)比较解剖学的例证 .....	459
(二)胚胎学的例证与“生物发生律” .....	461
(三)古生物学的直接例证 .....	464
(四)生理生化的例证和血清学方法 .....	468
三、生命的起源及进化历程概观 .....	470

(一)生物的基本特征.....	471
(二)生命的起源.....	476
1.从碳元素到碳氢化合物及其他氢化物的形成(477)	2.碳氢化合物到含氧含氮化合物及单体的“模拟”合成(479)
3.由单体到多聚体及蛋白质和核酸的形成(480)	4.由多聚体到多聚体多分子体系(483)
5.由多聚体多分子体系到蛋白体(483)	
(三)细胞的起源.....	484
(四)植物种系的进化.....	488
(五)动物种系的进化.....	494
(六)人类的起源.....	500



## 细 胞

毛主席教导我们：“在特殊性中存在着普遍性，在个性中存在着共性”。地球上生活着各种各样的生物，它们的形状、大小、构造虽各不相同，但是，除了病毒这类原始的微生物外，所有的植物、动物、人体及其他微生物，它们的个体，都是由细胞构成的。

十九世纪三十年代，施旺和施莱登分别对植物体和动物体做了细致的研究后，共同提出了细胞学说：一切机体，除最低级的外，都是从细胞的繁殖和分化中产生和成长起来的。细胞学说的建立在生物学发展史上具有重要意义，伟大的革命导师恩格斯对此曾给予很高的评价，他把细胞学说、能量守恒和转化规律以及生物进化学说叫做十九世纪自然科学的三大发现。因为，这些发现在哲学上证明了世界只是统一的物质世界；自然界各个领域内的发展过程之间是相互联系、发展和变化的；自然界的一切运动是由一种形式到另一种形式的不断转化的过程。

作为生物体基本结构和功能单位的细胞，在大小、形状和功能上并不是一个模样，随生物种类的不同和所在器官部位的不同，而呈现出很大的差异。例如，细胞大小一般约几十个微米，要用显微镜才能看到，但鸵鸟的卵细胞直径可达 17.5 厘米；细菌的细胞直径只有 0.5~2.0 微米（1 微米 = 1/1000 毫米）。细胞的形状，或呈球形、多面体、圆柱形，或长或短，或

厚或扁,变化很大,多种多样。

单细胞的生物,如细菌,酵母菌,某些低等藻类和原生动物,整个个体就是一个细胞。多细胞生物个体则由几十到上千亿个细胞构成。生物个体内部的吸收、合成、分解、呼吸、排泄、分泌、感应、运动、生长、繁殖、变异、遗传以及生物对环境的适应等各种生理机能,都离不开细胞。

各种各样的细胞,一般都包含三个基本的构造:细胞膜(质膜),细胞质和细胞核。植物和微生物的细胞膜外,还有一层细胞壁。细胞膜位于细胞的表面,核通常位于细胞的中央,介于膜与核之间的部分是细胞质。

## 一、原生质

一切细胞都是由原生质构成的。原生质是无色半透明的胶状物质,成分复杂,主要有蛋白质、核酸、碳水化合物、脂类等有机物以及水和无机盐类等。

1. 蛋白质 蛋白质是原生质的主要组成物质。蛋白质主要含碳(C),氢(H),氧(O),氮(N),硫(S)等5种元素,有时也含磷(P),铁(Fe)等其他元素。蛋白质是由许多含氮的氨基酸所构成的高分子有机物,已知的氨基酸约30多种。不同的蛋白质分子是由不同的氨基酸分子以不同排列方式组成的,所以蛋白质的种类极其多样。如鸡蛋中的卵清蛋白,肌肉中的肌凝蛋白,大豆中的豆清蛋白,血液中的血红蛋白以及胰岛素等等。

酶也是蛋白质,种类也极繁多,能催化各种生物化学反应,例如有的酶能将淀粉水解为麦芽糖,有的酶能将麦芽糖水解为葡萄糖,也有的酶可将葡萄糖合成为麦芽糖。细胞里面的同化(合成)作用或者异化(分解)作用,都需要有酶的参



加才能进行。

2. 核酸 也是原生质的主要组成物质。它是高分子的含氮有机物, 包含碳、氢、氧、氮、磷等元素。核酸是由许多核苷酸构成的, 核苷酸含有糖、磷酸和碱基(两种嘌呤碱和两种嘧啶碱)。核酸分为二类, 一类叫脱氧核糖核酸(简称 DNA), 它主要在细胞核内; 另一类叫核糖核酸(简称 RNA), 主要在细胞质内。核酸是遗传的主要物质基础, 也与细胞的生长、分化、发育、蛋白质合成有关。

一般说来, 在细胞内, 蛋白质与核酸不是单独起作用的, 它们往往相互配合, 相互制约, 共同参与各项生命活动。蛋白质与核酸结合在一起, 成为核蛋白。

3. 碳水化合物 也叫“糖”, 是由碳、氢、氧三种元素组成的有机物, 可分为单糖(如果糖, 葡萄糖), 双糖(如蔗糖, 麦芽糖), 多糖(如淀粉, 纤维素)等。碳水化合物的主要来源, 是绿色植物利用太阳光能, 以二氧化碳( $\text{CO}_2$ )和水( $\text{H}_2\text{O}$ )为原料, 通过光合作用合成的。多糖及双糖在酶的作用下水解为葡萄糖, 葡萄糖经过呼吸氧化, 可放出其中贮存的能, 所以, 糖是生物体生命活动的主要能源。

4. 脂类 主要由碳、氢、氧三种元素组成的, 但比碳水化合物含氧少。脂类氧化时可释放出较多的能。脂类分为脂肪和类脂。脂肪是由脂肪酸与甘油构成的, 由于脂肪酸种类不同, 所构成的各种脂肪性质也有差别。脂肪的作用主要是供给能和保温。类脂是含磷或含氮的脂类, 如卵磷脂、脑磷脂等。类脂是细胞膜的主要组成成分之一。

5. 水 原生质中水的含量变化很大, 通常是在 60~90% 之间。水是最好的溶媒, 很多生物化学反应, 都必须有水存在。休眠种子代谢强度低, 一个重要原因, 就是种子含水

量很少(仅 10~14%)。

6. 无机盐类 原生质内所含盐类元素,常见的有钙(Ca)、磷、钾(K)、硫、钠(Na)、镁(Mg)、铁、碘(I)、硼(B)、硅(Si)等。它们通常以两种状态存在:一种是以游离态的盐类存在,如食盐(氯化钠 NaCl),硫酸钾,草酸钙等;另一种则与有机物质结合,以结合态存在,如铁与卟啉结合形成血红素,镁与卟啉结合形成叶绿素,碘与氨基酸结合形成甲状腺素(一种动物激素)。

## 二、细胞的构造与机能

细胞在放大几十倍到几百倍的普通光学显微镜下可看到的构造,叫做显微结构(图 1),在放大几十万倍的电子显微镜下可见的构造,叫做亚显微结构(图 2)。亚显微结构所反映的不仅是细胞微细的形态特征,而且可了解各种成分的分子组成和分子排列。

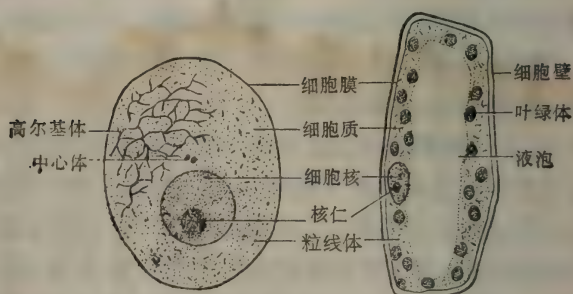


图 1 细胞的显微结构模式图

1. 细胞膜 也叫质膜,包围在细胞质的表面。细胞膜含有蛋白质和类脂,膜的亚显微结构显示出它是一个三层分子的构造,内层和外层是两层蛋白质分子,中间夹着一层磷脂的

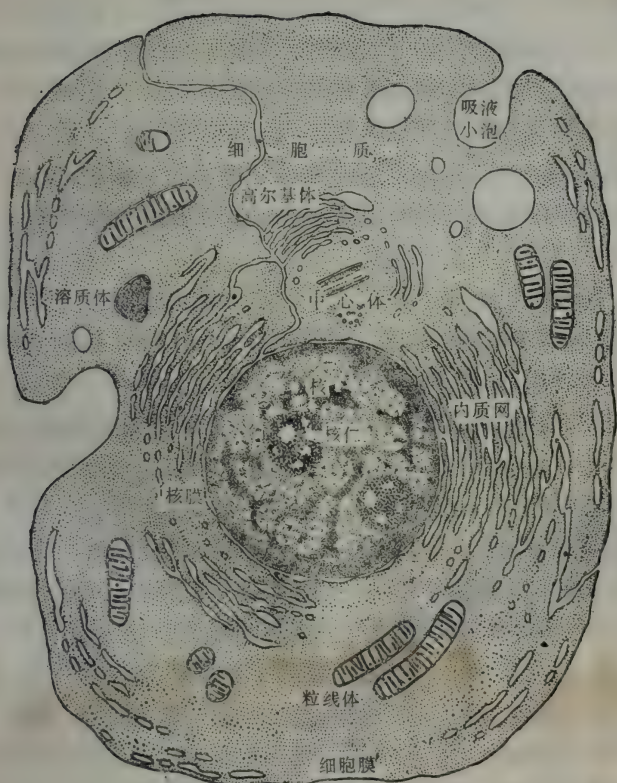


图 2 细胞的亚显微结构模式图

分子(也有人认为内外两层是类脂,中间是蛋白质),膜上还存在着许多极微小的孔隙。细胞膜是一种生物膜。它的产生,在生物的进化和调节细胞内外物质的交换上,都具有重要的作用。

从生物进化看,细胞膜的形成是生命由非细胞的原始有机体,向有细胞构造的生物发展过程中的一个转折点。原生

质表面有了细胞膜，开始有内外之分，宣告了原始细胞的诞生。蛋白质和类脂分子构成的生物膜，既保护着细胞内部的生命活动，又是细胞内外物质进出的“哨兵”。生物膜既不让生命必需的物质无谓地外流，也不让有害于生命的物质轻易地进入。同时，还能有选择地从外面吸收细胞进行生命活动时所需要的物质。这样，就进一步提高了细胞原生质体与外部环境之间进行物质交换的主动性。

通常，物质的扩散总是从浓度高的地方往浓度低的地方跑，最后趋于平衡。如在一杯水中，放一点糖，糖逐渐溶解就向周围运动（即扩散），最后到整杯水中都均匀含有糖分子为止。假若在一杯水中，中间用一层能透过溶质的膜隔开，在一边的水中加入糖，那么糖分子就会从有糖的一边通过膜透到另一边水中，这种通过膜的扩散，叫做渗透作用。渗透作用也是按物质浓度陡度进行的，即从浓的一边往稀的一边跑。细胞要与外界进行物质交换，也必须通过细胞膜，一般也是遵循上述原则，即细胞外物质的浓度高于细胞或相反时，物质才透入细胞或排出细胞。但是细胞对于物质的透过也有相反的情况，即物质有时是从细胞外浓度低的一边经过细胞膜的“抽提”作用把物质“泵”入浓度高的细胞里去，这种物质的透过或运转通常叫做活性转移，是只有活细胞才具有的一种反浓度陡度的转移。例如，一种淡水藻类细胞中，钾含量比周围水中含量大一千多倍，但这种藻类仍然能从其周围水中获取钾；又如胃分泌盐酸进入胃液，而胃液里氢离子浓度比细胞里的浓度要大一千万倍，这些都是活性转移作用的结果。这种活性转移的原理还未最后搞清楚，但是，已经知道这种转移过程，需要供给能量，还需要膜上的酶参加，总之是与膜本身的代谢活动有关的。



绝大部分植物的细胞和少数动物细胞,细胞膜之外,还有一层由纤维素和果胶所组成的细胞壁。细胞壁上有许多孔,细胞的原生质通过这些孔可与相邻细胞的原生质连接,同时,细胞与细胞之间也可以通过这些孔进行物质交换。纤维素很坚韧,有保护和支持作用。细菌之类的微生物,除细胞膜外,也有细胞壁,但不是由纤维素组成,而是由含氮的粘多糖类有机物质组成的。

2. 细胞质 在光学显微镜下,细胞质可区分为透明质和各种细胞器,如质体、粒线体、液泡、高尔基体、中心体等细胞器,均各具一定的形态和功能。但不是在所有的生物细胞中,全都有这些细胞器。在电子显微镜下,可看到细胞器的亚显微构造,还可看到透明质中有内质网,核糖体,溶酶体等结构。

(1) 质体: 包括叶绿体、白色体、杂色体,是绿色植物和某些鞭毛虫所特有的细胞器。一般呈圆形、盘状或卵圆形,内含色素。白色体虽无色,但见光时所含的原叶绿素转化为叶绿素,从白色体转变为叶绿体。白色体包括可合成淀粉的造粉体,合成脂肪的造油体。杂色体主要含有叶黄素、类胡萝卜素等。辣椒、番茄果实成熟时的颜色变化,即是叶绿体转变为杂色体的结果。

叶绿体主要存在于叶子和幼茎的皮层细胞内,是进行光合作用和暂时合成淀粉的场所。高等植物的叶绿体多为圆盘状,平均直径4~6微米,厚2~3微米,一般每个细胞中大约有20~100个或更多,可靠分裂的方式增殖。叶绿体含叶绿素、类胡萝卜素、叶黄素等光合色素,还含有蛋白质、类脂、RNA,某些植物中还含少量DNA。在电子显微镜下,可看到叶绿体的表面是双层的膜(图3),内部为无色的基质,基质内包含几个到几十个绿色的基粒,基粒为片层状构造,每一片层也是双

膜,每层膜在类脂和蛋白质分子层之间夹有一层叶绿素分子,片层上附有与光合作用有关的 30 多种酶。各个基粒之间也有膜连系。光合作用就是在基粒中进行的。

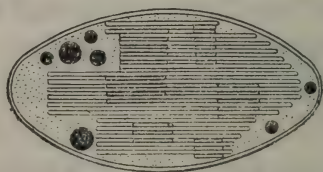


图 3 叶绿体模式图

(2) 粒线体: 较普遍地存在于各种动植物细胞中, 但蓝藻和细菌无粒线体。粒线体呈线状、粒状或杆状, 比质体小, 仅 1~2 微米, 主要由蛋白质、磷脂组成, 并含有许多酶。在电子显微镜下, 粒线体是双膜构造(图 4), 外层有外壁, 里面是内壁, 内壁向内部突出形成许多褶皱, 叫做嵴。嵴的表面, 附有许多酶, 特别是与呼吸有关的酶系更为集中。粒线体内还有少量的 RNA 和 DNA。细胞呼吸主要在粒线体内进行, 能将糖和脂肪酸氧化, 产生二氧化碳和水, 并释放能量。因此, 粒线体是细胞里释放化学能的主要场所。



图 4 粒线体模式图

(3) 液泡：常呈圆泡状，表面是单膜，内含细胞液，低等动物和幼小的植物细胞，液泡小而分散。成熟的植物细胞内，小液泡连合为大液泡，占据着大部的空间。细胞液含有糖类、有机酸、无机盐、花色素、植物碱、单宁等物质，例如水果果肉的汁液，就是含有糖和有机酸的细胞液。液泡因细胞液含有这些复杂的溶质，而保持着较高的浓度，这对水分的吸收，增强抗旱和抗寒性，都有关系。

(4) 高尔基体：可见于动植物细胞，多分布在近中心的区域，亦有分散在整个细胞质中。比粒线体略大，在电子显微镜下，高尔基体是一些平行排列的囊泡系统，具双层膜，末端往往膨大为泡状，边缘有一些小液泡。高尔基体有分泌的机能，并与碳水化合物代谢、细胞壁形成有关。

(5) 中心体：常见于动物和低等植物细胞内，通常位于细胞核附近，为一球状结构，内含 1~2 个中心粒。中心粒在电子显微镜下，象一个柱状体，柱状体的壁由 9 组微细的杆状小管组成，每组含 1~3 个杆状小管。中心粒在复制过程中，两个中心粒互成直角排列，在细胞分裂时中心体特别明显，其机能还不清楚，一般认为与细胞分裂有关。

(6) 内质网、核糖体、溶酶体：细胞质在电子显微镜下，可看到在主要由蛋白质构成的透明质内，存在着由膜组成的网状结构，叫做内质网。内质网壁是双膜，膜上附有许多由蛋白质、RNA 和酶组成的微小颗粒，这叫做核糖体（也叫核糖核蛋白体），它在细胞的蛋白质合成中，具有重要作用。有时，在动物细胞的透明质内，还可看到另一种微小颗粒，呈球形或长圆形，是水解酶集中的场所，叫做溶酶体，作用是促进有机物水解转化。

细胞质内部的各种构造分化，是原生质体所含各种成分

以不同形式集结,才产生形态与功能各异的细胞器和膜系统,它们相互联系,相互制约,共同参与细胞的新陈代谢过程。

(7) 内含物:除细胞器外,细胞质里面还包含各种各样的内含物质,如维生素、激素、抗菌素、营养贮存物(淀粉粒、脂肪、蛋白质粒)、色素和废物等。

维生素:普遍存在于植物体内的有机物质,为生物正常生理活动所必需,而需要量很微小。有许多维生素是构成辅酶\*的材料。动物所需的维生素大多是从植物得来的。不同植物,维生素含量不同。例如胡萝卜的根、菠菜和莴苣的叶含有丰富的维生素A(能抗干眼和夜盲症);酵母菌、水稻和小麦的麸皮和胚中则含有很多维生素B<sub>1</sub>(抗脚气病)、B<sub>2</sub>(抗皮肤炎和贫血)。同一植物,维生素的含量也随植物生长发育的不同时期以及外界环境条件的变化而有所不同。如苜蓿开花时维生素的含量最高,以后就迅速降低。掌握这一规律,对于饲料的利用有重要意义。

激素:也是一种有机物,有调节新陈代谢,促进或抑制生长发育和刺激细胞分裂等作用。激素种类多,作用不相同。如植物有生长素、激动素等;动物有胰岛素(属蛋白质,能调节糖的代谢)、甲状腺素(能促进新陈代谢)等。

抗菌素:是一种代谢产物,能抑制或杀灭其他微生物。如链霉素、土霉素、春雷霉素、青霉素、大蒜素等。

3. 细胞核 也是半透明的,能在显微镜下看到,染色后观察更清楚。通常呈球形或椭圆形,核的外层是核膜,在电子显微镜下也是双层膜结构,有许多孔。细胞核中通常有一个或几个小球体叫核仁。组成细胞核的重要物质叫核蛋白,核

---

\* 辅酶:酶的组成成分,参加酶的催化作用,是分子较小的非蛋白质性质的有机物。



蛋白是由蛋白质和核酸组成的。其中的核酸主要是脱氧核糖核酸(DNA)。脱氧核糖核酸是染色体的主要成分,是主要的遗传物质基础。核能产生合成蛋白质的各种酶和其他种酶。核仁主要是由核糖核酸(RNA)蛋白组成的。在生长迅速、蛋白质合成旺盛的细胞中,核仁均较大。核仁能合成核糖核酸,对细胞蛋白质合成起着重要作用。核膜能控制核与细胞质之间的物质交换。核对整个细胞的生命活动,包括核酸及蛋白质合成、呼吸代谢、遗传、变异、细胞分化都起着主要作用。

有些单细胞动物和某些菌类,细胞里面含有二个或多个核。哺乳类的红血球没有核,因为在红血球形成的时候核就消失了。细菌和蓝藻没有定形的核,只有核质但无核膜,这种无核膜的核质叫做原核。

细胞是一个整体,其各部分结构和功能都是相互有机联系的。虽然核在整个细胞的生命活动中起着重要作用,但许多事实说明,细胞核与细胞质是相互依存、相互影响的。细胞核与细胞质的关系,是细胞中的一个很重要的问题,因为它直接牵涉到遗传与发育的问题。过去,有些人认为细胞的分化、个体的发育、性状的传递都是细胞核,亦即染色体上基因的作用,是它控制细胞质,以实现上述这些功能。细胞质完全处于被动的、从属的地位,而细胞核则是永远处于主导的地位。这种观点无疑是片面的,也是形而上学的。

近年来采用了三种新技术研究核质关系,发现细胞质不仅对遗传发育有直接作用,而且细胞质还能控制细胞核的核酸合成。这三种方法是:细胞核移植,细胞融合以及最近在试管里进行的核酸合成(即将从细胞中分离出来的细胞核和从细胞质中提取的物质,在试管内进行核酸的合成)。都证明细胞核DNA和RNA的合成以及细胞的分裂,都受到细胞质的

影响。例如神经细胞与红血球细胞是不分裂也不合成 DNA 的。受精前的卵子合成 RNA, 受精后的卵子合成 DNA。有人将非洲爪蟾神经细胞核以及黑斑蛙的红血球核, 分别移入同种的去核卵, 它们受到细胞质的影响, 都进行了正常的分裂, 并开始合成 DNA, 使卵子发育为正常的蝌蚪。另外一个实验是将一个体细胞核(如肠细胞核)移植到卵子中, 卵子能发育成为正常的个体, 并且有正常的生殖细胞, 这说明一种体细胞核不仅可以成为其他体细胞的核, 而且能够成为生殖细胞核。这些实验证明: 细胞核和细胞质的活动是在彼此相互作用下进行的, 改变了过去有些人认为细胞核是控制遗传和发育的唯一物质基础的看法。

核移植和细胞并合, 可在不同种间进行, 这在遗传学和育种研究上开辟了一条新的广阔的途径。而且核移植和细胞融合不仅能在生殖细胞中进行, 也可在体细胞中进行。所以应用此法有可能得到能保持优良性状的新品种。核移植和细胞融合的技术不仅为生产所利用, 而且在细胞学理论上, 特别是在研究核质关系上, 也将开辟一条新的道路。但是, 需要指出的是, 任何科学技术都是从属于一定政治的, 它不是用来为无产阶级政治服务, 就必定是用来为反动的资产阶级政治服务。近年来, 苏修社会帝国主义的头目们, 为了适应他们反革命政治目的需要, 利用核移植这项新技术, 大肆贩卖人工“复制天才”的谬论, 这比十九世纪二十年代西方一时兴起的优生学更加反动, 更加荒谬。因而这也只能更加暴露苏修社会帝国主义超级大国和种族主义的丑恶嘴脸。

核质关系的研究, 使人们逐渐改变过去对核质关系的认识。最近许多研究表明, 细胞质内也有 DNA 和 RNA。特别是粒线体和叶绿体, 都有它们自己的 DNA 和 RNA 系统。因

此,过去认为以细胞核 DNA 为主导的观念,必须改变。例如,原来根据以细胞核 DNA 为主导的观点,提出了所谓分子遗传学的“中心法则”,即细胞核中的 DNA 主导细胞质中的蛋白质合成。其中间步骤是通过一种转录酶,由细胞核中的信使 RNA 把作为模板的 DNA 的结构转录过来,然后细胞核的信使 RNA 进入细胞质中,氨基酸再从信使 RNA 那里,把 DNA 的结构翻译过来,合成具有特异性的蛋白质。这个过程可简单表示如下: DNA  $\xrightarrow{\text{转录}}$  信使 RNA  $\xrightarrow{\text{翻译}}$  多肽链。换句话说,这个过程就是,遗传的信息只能从 DNA 流入 RNA,再由 RNA 流入蛋白质(当然由于 DNA 能自身复制,所以 DNA 还可将遗传信息流入到 DNA)。信息不能反过来从蛋白质流到核酸,也不能从蛋白质流到蛋白质。可是近几年由于发现了一种反转录酶,这种酶可以用 RNA 为模板合成 DNA。如 RNA 肿瘤病毒中就有这种酶存在。按照这种作用方式,蛋白质的合成不是 DNA 为主导,而是以 RNA 为主导,所以遗传信息流动的方向变成 RNA  $\rightarrow$  DNA  $\rightarrow$  蛋白质。这说明了以前提出的“中心法则”的片面性,也指出,细胞质里的某些 RNA 也可能进入细胞核,在那里起主导作用。我国科学工作者用从鲫鱼成熟的卵巢提出的信使 RNA 注射到金鱼受精卵里,使发育出来的金鱼长出鲫鱼的单尾巴。这就是一个实例。

总之,在核质关系上,现在许多人已逐步放弃了以细胞核为绝对主导地位的观点,当然,细胞核与细胞质在细胞内的关系只能是辩证的统一。在这方面,还要做更多更深入的研究,才会逐步弄清。

### 三、细胞的分裂

细胞生长和发展到一定阶段,能分裂成为新的细胞,因而能滋生增殖。分裂方式主要有两种:无丝分裂,有丝分裂。

1. 无丝分裂 也叫直接分裂。在分裂过程中,通常是细胞核延长缢成两部分,随之分裂成为两个细胞。这种由一个细胞直接分裂为两个细胞,称为“二分裂”。还有一种是细胞核分裂为许多子核,每一个子核各有一部分细胞质,并各自形成新的细胞膜,结果一个细胞可以分裂成为许多新的细胞,这种无丝分裂方式称为“多分裂”。无丝分裂方式主要见于低等动植物(图5)。

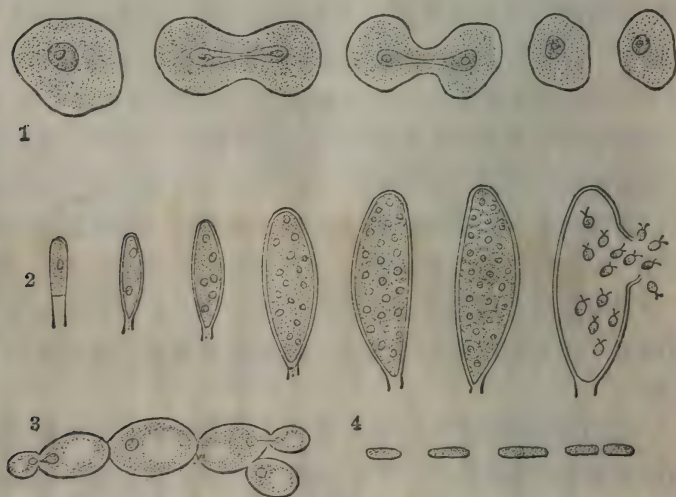


图 5 细胞的无丝分裂

2. 有丝分裂 也叫间接分裂,比无丝分裂复杂。细胞在分裂之前的状态通常称为“分裂间期”,这时核内核质通常呈



现网状构造。在分裂过程中，细胞核发生复杂变化，主要表现在形成一定形状和一定数目的染色体，核仁暂时消失以及细胞质出现纺锤体等现象。整个分裂过程大致可分为四个阶段：①前期、②中期、③后期、④末期(图 6)。这四个阶段的划分是相对的，彼此之间既有联系也有区别。



图 6 细胞的有丝分裂

前期：细胞核的网状核质（染色质）先形成线状染色体，每一染色体利用核内物质复制了自己，成为两根染色单体，紧密并列在一起，仅在染色体的某一点上相连接，这连接点叫做着丝点。核仁溶解消失。动物细胞一般在前期开始时中心

体一分为二,每一子中心体周围原生质形成无数放射状纤维,叫做星体;子中心体各自移至细胞的两端(极)。此外,在两个中心体之间还出现由原生质所形成的纺锤体,纺锤体由许多细长的纺锤线(丝)所组成。大多数植物的细胞没有中心体,因此无星体,但有纺锤体。在前期过程中核膜也完全消失(溶解),染色体在进入中期之前,收缩而变得粗短。

中期:染色体在核膜消失之后,排列在细胞中间部分的一个平面(也叫赤道板)上。这是中期的主要特点。接着,着丝点分裂,每一染色体的两根染色单体分开。中期过程很短。

后期:这是染色体向两极移动的时期,染色体分为两个部分各向两极移动,这个时期也比较短。

末期:两个部分染色体移到细胞两端后,就是末期的开始。这一段过程与前期时间差不多长,染色体由短变长,并逐渐恢复到分裂间期状态。同时每一子细胞核各形成一新的核膜,核仁也重新出现,细胞质开始分裂。动物细胞在分裂时,细胞质于细胞中部由外向内凹陷,最后分裂成为两个细胞。植物细胞一般是在赤道板当中形成一细胞板,由内向外伸展,并逐渐产生细胞壁,最后分为两个细胞。

细胞分裂的结果,每个子细胞都具有原来的染色体数目。例如人的染色体是46个,经过细胞有丝分裂后,每个新的细胞还是包含46个染色体。一般生物的细胞有丝分裂从前期到末期整个过程大约需1~2小时。

根据以上所述,可见有丝分裂与无丝分裂的区别主要在于:在有丝分裂过程中,细胞核不是直接分裂为二,而是先形成染色体,然后再分裂。

在动植物中有一种特殊的有丝分裂,叫减数分裂。即生殖细胞在发育成熟的时候,染色体数在分裂后减半,成熟的

卵细胞或精细胞只含有原来染色体数的一半。例如人的染色体是 46 个，经过减数分裂，卵细胞或精子只含有 23 个染色体。

细胞分裂不论是无丝分裂或有丝分裂，都是细胞发展的结果，又是细胞发展的开始。不同生物，不同组织，以及不同的发育阶段，细胞分裂活动强度不完全一样。例如动物的骨髓细胞分裂极为频繁，经常不断地产生新的红血细胞和白血细胞；而神经系统细胞分裂就很少。生物在胚胎发育时期细胞分裂较为频繁，速度也较快，整个分裂过程有时仅 20~30 分钟就完成。

除上述无丝分裂和有丝分裂之外，有些生物如放线菌之类的微生物，其菌丝能断裂成小段，生长成为新的个体。

多细胞生物的生长就是细胞分裂增殖及细胞体积增大的结果。

#### 四、细胞的分化

单细胞生物是一个独立生活的细胞，整个细胞就是一个生物体，它具有各种生理机能，一切生命活动都是在一个细胞中进行的。在多细胞动、植物体中，细胞分化为不同的细胞群，叫组织。每一种组织主要是由许多形态构造和机能相似的细胞组成，不同的组织有不同的形态和机能。例如动物有上皮组织、肌肉组织、结缔组织和神经组织等；植物有保护组织、输导组织、同化组织、分泌组织、贮藏组织、分生组织等。由组织结合成器官。多细胞动、植物的这种细胞分化，一般是由一个受精的卵细胞通过分裂、增长和发育而产生的。在此过程中，不但细胞数量增多，而且细胞的形状大小、内部结构和生理机能也都发生变化。许多高等植物的分生组织（在根、

茎顶部和内部以及茎的节间部分等)能长期保持分裂能力,不断产生新细胞,增长和分化形成其他组织和新的器官。许多种组织经过分化后一般不再有细胞分裂现象。但最近几年有人试验,将胡萝卜切成小块(不含有分生组织),在人工培养条件下,细胞能分裂和分化成为新的组织和器官,并且生长成一胡萝卜植株。甚至取小块中的单个细胞或用某些植物(如烟草、小麦等)的花药进行人工培养,每一个胡萝卜细胞或花粉也都能长成为一完整植物。

生物的细胞分化是生物在其漫长演化历史过程中与外界环境相互联系、相互作用而产生的。一个生物体各部分细胞组织就是一个有内在联系的统一整体。但以微耳和为代表的资产阶级辩护士,却把生理机能及形态结构已经分化了的细胞所构成的有机体,说成是细胞的机械总和,这是一种形而上学的观点。多细胞的生物体绝不是各种细胞单纯的集合体,多细胞生物体中各个细胞的生命活动从属于整体的生命活动规律,整体的功能远远超出了其中所包含的任何细胞。微耳和还把有机体比拟为资本主义社会的模型,说什么一个有机体“是生活着的细胞的集会,机构完善的、有着高级和低级官员、大小小仆役和主人的完整组织的小王国”。这种观点完全是形而上学和反动的,他妄想用“细胞王国”学说作为生物学依据,来证明资本主义社会乃是天经地义的、自然的、永久的,以维护腐朽的剥削制度和资产阶级的反动统治。微耳和及其追随者的形而上学反动观点,曾受到恩格斯的严正批判。恩格斯在《自然辩证法》中指出:“无论骨、血、软骨、肌肉、纤维质等等的机械组合,或是各种元素的化学组合,都不能造成一个动物(黑格尔《全书》第1部第256页)。有机体既不是简单的也不是复合的,不管它是怎样复杂的。”在《反杜林论》中,恩



格斯对资产阶级进步党微耳和的论点的反动实质，一针见血地指出：“由于细胞的发现，微耳和不得不把动物个体的统一分解成细胞国家的联邦，——这与其说是自然科学的、辩证法的，不如说是进步党的”。可见，在生物科学领域中，一直存在着两种不同世界观的尖锐斗争，这种斗争也就是两个阶级的斗争在自然科学中的反映。

# 植 物

海洋湖泊里的各种藻类，山野平原上的各种苔藓、蕨类、种子植物，都是绿色植物。

绿色植物无论是单细胞，还是多细胞，均有叶绿素，能吸收太阳光能，并将无机物质（如二氧化碳、水、无机盐类）合成为有机物质。这一过程，叫做光合作用。

人类的生产活动，特别是农、林、牧、副、渔，都是离不开绿色植物的。绿色植物既是活的生产工具，也是生产劳动的产品。光合作用，是唯一能将太阳能转变为生物能，直接将无机物合成为生命物质的生物学过程。动物和某些微生物的食物和能量来源靠它，地球上无机界与生物界的物质能量循环，也主要靠它。这就是我们为什么要认识绿色植物及其生活规律的主要根据。

## 被子植物的生活

### 一、种子萌发

“秧好半熟稻，苗好三分收”。可见，培育健壮秧苗是夺取高产的基础。这是广大贫下中农从战天斗地夺高产的实践中总结出的一条重要经验。

怎样培育壮秧壮苗？既要有一个很大的干劲，也要了解作物种子的特性，了解种子萌发与外部条件的具体联系。要

善于在实践中不断地总结经验,充实和发展我们的认识。

种子有那些特性? 这些特性与萌发和培育壮苗有什么关系?

## (一) 种子的结构

各种作物的种子,虽在大小、形状上各不相同,但一般都具有胚、胚乳和种皮三个部分。

胚: 是种子的最重要部分,是种子中唯一有生命的部分。胚就是母体所产生的下一代植物幼体,苗即由胚发育而来。胚在外形上,可区分为胚芽、胚根、胚轴(胚茎)和子叶等几个部分(图7)。胚轴的上端连着胚芽,下端连着胚根,子叶着生于胚轴上。子叶着生点以上的胚轴,叫上胚轴,以下的叫下胚轴。

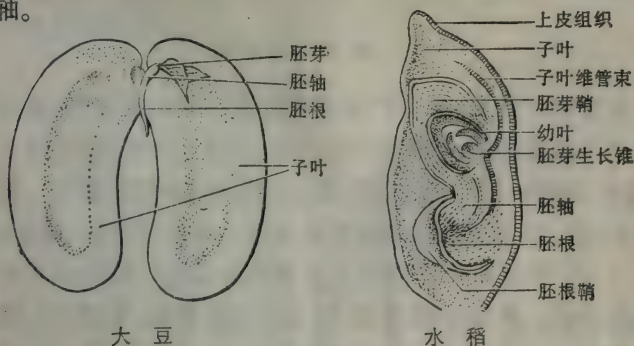


图7 胚的结构

双子叶植物,如棉花、油菜、豆类等,胚有两枚子叶。单子叶植物水稻、麦子等的胚,只有一枚发达的子叶(也叫盾片或内子叶),另一枚(外子叶)退化,仅存残迹。单子叶植物的胚芽外有胚芽鞘,胚根外套着胚根鞘。

胚的各个部分,都是由形态上没有明显分化的薄壁细胞

所构成,这种细胞群有很强的分生能力,叫做分生组织。种子萌发时,由于分生组织积极活动,胚才变成幼苗。

胚乳:是种子里贮存养料的仓库,它由许多内部充满着淀粉粒、脂肪或蛋白质粒的基本薄壁组织构成。谷类作物种子胚乳细胞的核已经解体,是无生命的。棉花、油菜、豆类的种子在成熟过程中,胚乳的养分已被胚吸收,转移到子叶中,因而看不到发达的胚乳,只有肥厚的子叶。

种皮:是种子的外表保护层,由多层的厚壁组织构成,细胞壁往往角质化或木质化,不透水,也不透气。种皮上有种孔,这是萌发时吸水、透气的孔道。种皮上常有各种附属物,如棉籽上的絮毛,这类附属物是有利于保护幼胚和植物传布的构造。

## (二) 种子的生活力

种子的生活力,在生产上主要看发芽率和发芽势。发芽率是在适当条件下,一定时间内(水稻 10 天,小麦 7 天,棉花 9 天) 100 粒种子能有多少粒发芽。如果有 85 粒发了芽,发芽率为 85%。发芽势是在测定发芽率的最初几天里(水稻 4 天,小麦 3 天,棉花 3 天),种子发芽的粒数占供试验的种子总粒数的百分率。胚的生活力强,种子的发芽率高,发芽势亦强。

胚的生活力强弱,与种子收获时的成熟程度、种子贮存时间的长短、贮存条件的好坏有关。提前收获,种子没有充分成熟,胚发育不良,胚乳养分不足,种子生活力弱,即使萌发也多成弱苗。种子随贮存时间的增长,生活力会逐渐降低,最后完全丧失萌发能力,这段时间叫做种子寿命。各种作物种子寿命长短不同,生产上把能维持 50~60% 以上发芽率的最长贮存时间,作为种子的适用年限(表 1)。



表 1 主要作物种子寿命和适用年限

作物种类	水 稻	谷 子	小麦、高粱、大豆、棉花、玉米
种子寿命	4~5年	10年	2~3年
适用年限	2 年	5 年	2 年

为什么在贮存期内种子生活力会逐渐降低？因为生活着的胚要进行呼吸，不断地消耗养料。影响种子呼吸的因素很多，最主要的是种子含水量，其次是贮存场所的温度和湿度。生产上规定谷类种子安全贮藏的含水量为 12~14%，豆类 9~12%，油料种子 7~9% 以下。贮存场所的温度与湿度，愈低愈好，还应保持通风，因为种子呼吸会引起发热和回潮。采用密闭充氮气和二氧化碳的贮藏方法，能抑制种子呼吸，有利于保持种子生活力。

### (三) 种子的萌发

种皮光洁无损，籽粒充实饱满，胚生活力强的种子，已具有正常萌发、发育为壮苗的内因，这是前提，但还要一定的外部条件才能表现出来。为了弄明白外因怎样作用于内因，先要了解一下种子萌发过程的内部变化。

萌发的过程，是在适当温度下，种子吸水，内部膨胀软化，酶开始积极活动，呼吸作用增强，贮存的养料分解转化，供给正在急速生长的胚。因为吸水膨胀，种皮被撑破，氧气大量进入，呼吸转化加快，对胚的生长和胚根、胚芽的伸出也更有利。

胚的各个部分的分生组织，在萌发时，一方面生长，通过有丝分裂增加着细胞数目；一方面分化，形成苗的根、茎、叶和器官内的复杂构造。胚的变化，一般是胚根先伸出，向地下伸长，成为根；胚轴也伸长，将胚芽送出地面，胚芽随即生长分化

为茎和真叶。当胚的下胚轴伸长时，子叶也被送出土面，变绿。大豆、棉花、油菜属于子叶出土的萌发(图 8)；禾谷类作物、蚕豆下胚轴不伸长，属于子叶留土的萌发(图 9、10)。

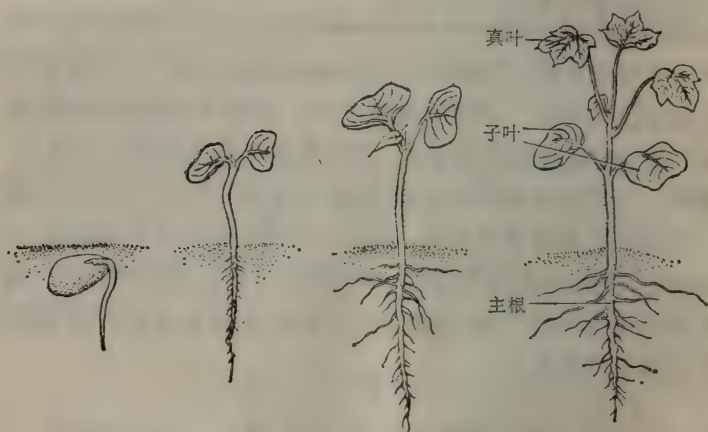


图 8 棉花种子萌发

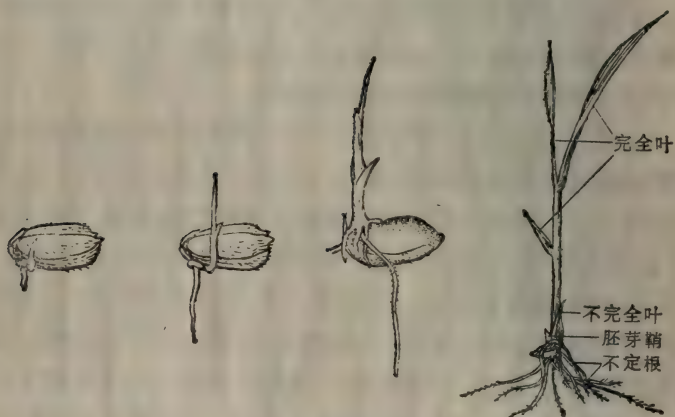


图 9 水稻种子萌发



图 10 蚕豆种子萌发

#### (四) 影响萌发的条件

作物的种子萌发, 要求一定的最适温度, 这是大田生产上选择播种适期的依据之一。

表 2 主要作物发芽的温度

作物	最低温度(°C)	最适温度(°C)	最高温度(°C)
大麦、小麦	0~4	20~28	30~38
高粱、谷子	6~7	30~33	40~45
玉米	5~10	32~35	40~45
水稻	8~12	30~35	38~42
棉花	10~12	25~32	40
大豆	6~8	25~30	39~40

各种作物因贮存养料的成分不同，萌发时需水量也不一样。一般富含淀粉的谷类种子，吸水达到种子重的 50%，即可萌发；富含蛋白质的豆类种子萌发，吸水要超过种子重的一倍以上；棉花吸水达 60% 就可萌发。种子萌发的最低吸水量，叫做临界吸水量。浸种催芽，一般以不过多超过临界吸水量为宜，因为种子萌发，不单要水，也需要氧气。浸种过久，或土壤水分过多，种子就会缺氧，这对种子萌发和培育壮苗不利。

在生产实践中，有时会碰到种子虽已成熟，脱离了母体，也处于适宜的萌发条件，但仍然迟迟不发芽，要经过一段时间，或者要加以特殊处理，才会萌发，这种现象叫做种子休眠。休眠的种子不会立即萌发，原因是多方面的，但主要是由于内部还需要进行萌发前的一系列生理变化(也叫后熟作用)，一旦这种过程完成，种子就解除了休眠。生产上如果需要解除种子的休眠，对禾谷类作物种子，多采用干燥贮存，木本植物种子多在冬季采用“湿沙层积”的方法，棉籽可在播种前进行晒种。植物激素，如赤霉素、激动素，既可促进解除休眠，也可抑制种子萌发。

有时，种子休眠是因为需要特殊的萌发条件而没有得到满足。例如莠苣和许多田间杂草种子，要在有光的条件下才能萌发，杂草种子的这种休眠特性，使埋在土里的休眠种子，能长期维持生活力，一旦翻出地面，它就可以萌发，因此在除草时必须注意。

一般说来，野生植物和木本植物比栽培作物，种子休眠表现得更普遍一些。但栽培作物的某些品种，也有不同程度的休眠，往往会因种子休眠造成出苗慢而不齐，这也是引入外来品种，提高复种指数时要注意的一个问题。稻、麦种子几乎不休眠，在母体上如遇雨即可萌发，造成生产上的损失。



## （五）争取壮苗早发

“外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用”。培育壮苗的内部根据是种子的品质。但是良好的种子也只有在适宜的条件下才可能发育成壮苗。生产上既要注意选种和播种前的种子处理；同时也要辩证地对待发芽所需要的条件。

生产上为了提高复种指数，争季节，抢时间，播种时要十分重视发挥人的主观能动性，因为自然界的条件，往往是不那么理想的。既要统筹兼顾各方面条件，又要善于抓住主要矛盾，解决这种矛盾，做到不违农时，适时播种，保证质量，及时管理。

例如，上海泥城公社远征大队，原来认为海滩盐土不利棉苗发育，播种期比海塘内提早一周，结果事与愿违，不仅争不到早苗，反而烂籽死苗。后来经过调查，针对海边土温低，盐土返碱板结的不利条件，采取了适期迟播，开沟排水，松土增温，再追施一点提苗肥，着重注意促进根系发育，结果幼苗茎秆粗壮，叶色清秀，大小均匀。贫下中农说：“在自然灾害面前，不能无所作为，不能靠天吃饭，要人定胜天。矛盾着的对立的双方互相斗争，在一定条件下是可以互相转化的，早苗不管会晚发，晚苗早管促早发。”

## 二、营 养 生 长

栽培作物从种到收，基本上可分为营养生长和生殖生长两个生育阶段。

区分两个阶段的界限，是植株上开始出现花和穗的分化。例如，水稻幼穗分化开始，稻株即从营养生长进入生殖生长。

在这之前,稻株是长根、长蘖、长茎叶;在这以后,主要是长穗,开花,结稻谷。

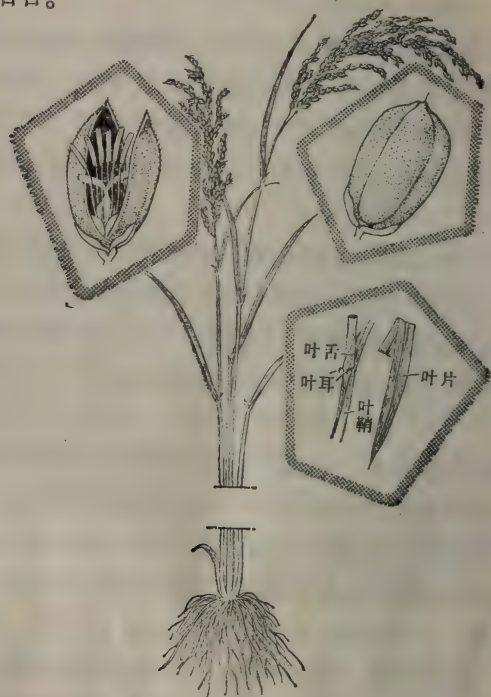


图 11 水稻的植株

一般粮、棉、油的产量高低,因单位面积上的花、穗多少,穗、铃大小和籽粒轻重而变化。要争取多穗、穗大、粒多、粒重,必须抓好苗期的营养生长,搭好高产架子。

### (一) 根的形态结构和生理功能

贫下中农在生产实践中十分重视根与苗的关系,“发苗先发根,根壮苗早发”,概括地说明苗的早期管理,要着重打好根

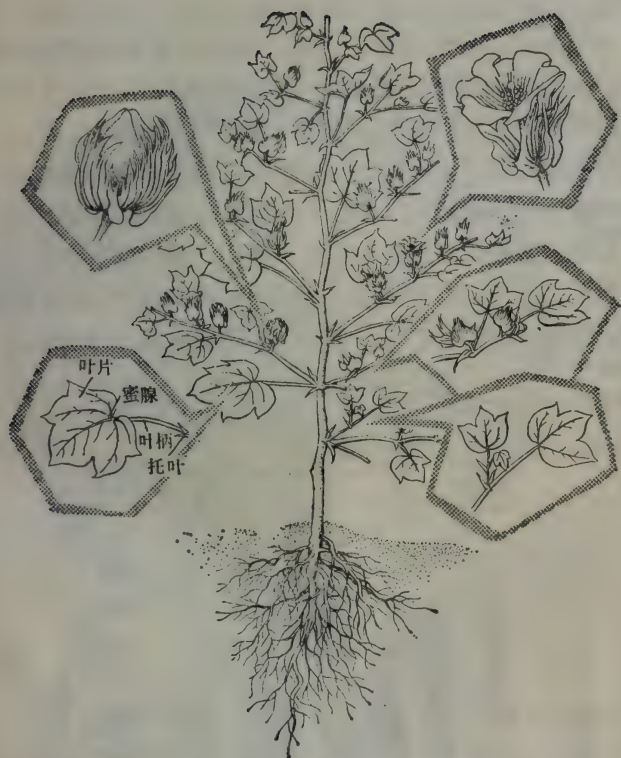


图 12 棉花的植株

的基础。同时，也点出了抓根重点在于：一个是发根，一个是壮根。为了做好发根和壮根，应当对根先有一些基本的认识。

1. 根系的结构特征 无论是双子叶植物棉花、油菜等的主根系，还是单子叶植物稻谷类作物的须根系，都是轴状的多分枝系统。在这种分枝系统中，影响着根系发展和变化的主要矛盾方面，是根系中细根的分枝近尖端部分的活动，这个部分，叫做根尖。因为根尖既是吸水吸肥的中心，也是生长分化

的中心。

根尖分为最前端的帽状根冠，包藏在根冠内的生长锥(点)，具有纤细根毛的根毛区(成熟部)和介于生长锥与根毛区之间的生长区(延长部)。根冠有保护生长锥的作用，生长锥是根系的生长中心。生长区与根毛区是吸肥与吸水的中心，这两个部分的内部结构，与吸收的功能有密切的联系。

从根尖的根毛区，横向切取一薄片，染色或不染色，移于载玻片上，加一点水，盖上盖玻片，放在显微镜下，即可看到根的初生结构，从外向内，分为表皮、皮层和中柱三个部分。

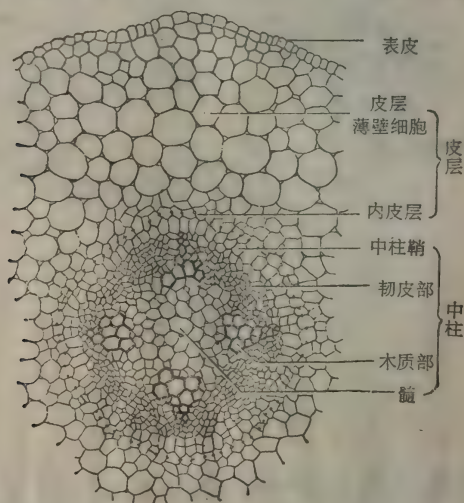


图 13 棉根的初生结构

(1) 表皮：初生根的表面，是一层形状扁平，排列紧密的薄壁细胞，其中有些细胞外侧的壁具毛状突起，叫做根毛。表皮与根毛，细胞壁为纤维素和果胶构成，内部有大的液泡，细胞质紧贴在壁上，只是薄薄的一层。在细胞质与壁之间有质



膜，核常位于贴近壁的细胞质中。根的表皮和根毛的主要功能，是吸水与吸肥。

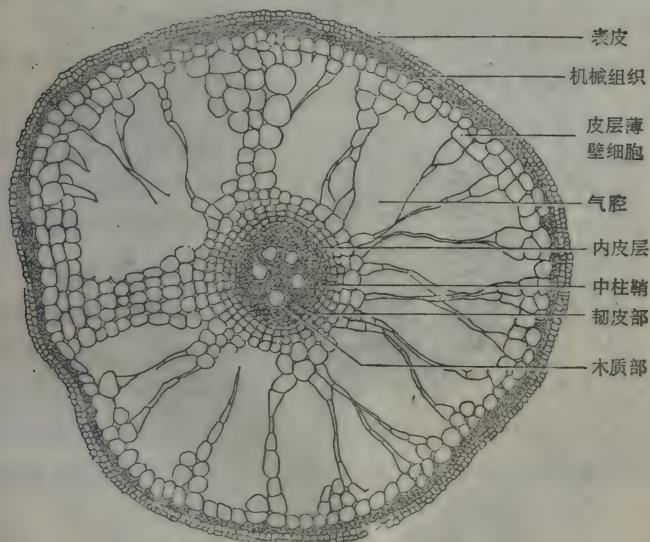


图 14 水稻根的横切面

(2) 皮层：位于表皮内部和根的中柱（即轴心部分）之间。皮层的大型薄壁细胞，近圆形，排列疏松，细胞之间存在明显间隙，具有多种的生理功能，如将表皮吸收的水份和养料，输送到中柱内，将茎叶制造的碳水化合物，进一步合成为蛋白质，或者转变为淀粉贮存起来；含氧的空气可沿细胞间隙，通到旺盛分裂的生长锥和根的其他部分。皮层往往还可区分出外皮层和内皮层。外皮层是靠近表皮的部分，细胞形状较小，排列较紧；内皮层是包围中柱，排列紧密的一层细胞。内皮层的多数细胞壁，常有U形或者带状的局部加厚，另一些细胞的壁不加厚，叫做通过细胞。有人认为，内皮层的

个别通过细胞壁不加厚,有增强水分进入中柱的作用。

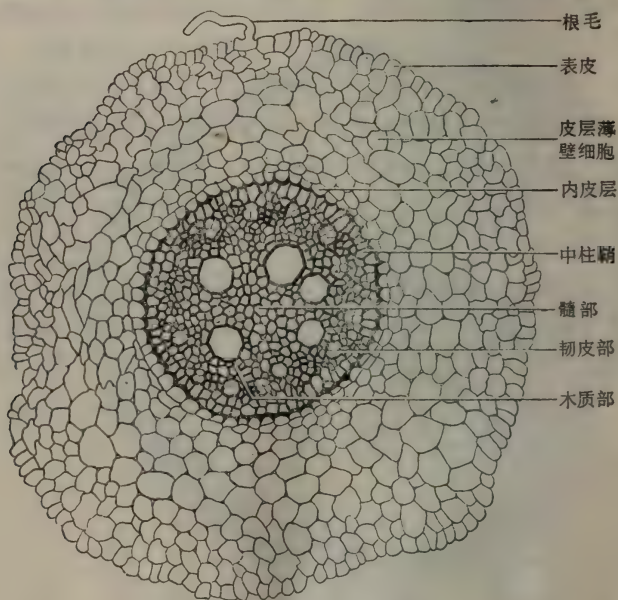


图 15 小麦根的横切面

(3) 中柱: 内皮层所包围的中轴部分, 叫做中柱。中柱是根系的骨架, 又是水分和养料上下输送的通道。中柱一般包括中柱鞘、木质部、韧皮部和形成层等四个部分, 后三者也合称中柱的维管束。单子叶植物, 维管束中没有形成层。

中柱鞘: 是紧接内皮层的一层或几层薄壁细胞。中柱鞘的细胞可恢复分生能力, 产生侧根(图 16, 17)、不定芽或形成老根的保护层(周皮)。

木质部: 位于根切面的中心, 往往呈星芒状, 由导管、管胞、木质纤维和木质部薄壁细胞所构成。

导管是一列导管细胞构成的管状物。上下相连的壁已经

溶解,细胞核和细胞质全部消失,细胞壁木质化加厚,并具有螺旋状、环状、孔状、阶梯形的各种纹孔。导管是水液向上运输的渠道。管胞为梭形的细胞,也是输送水液的机构,不过它的上下两个细胞相连的壁,没有完全打通,水液是通过纹孔运转,效率不及导管高。木质纤维细胞外形纤长,两端尖,细胞腔很小,核与细胞质均已消失,细胞壁很厚,显著地木质化。木质纤维的作用主要是机械支持。木质薄壁细胞是具有不同程度木质化的活细胞,有综合的生理功能,如物质贮藏、合成、运输。

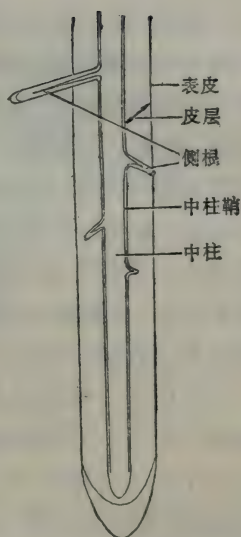


图 16 侧根发生模式图

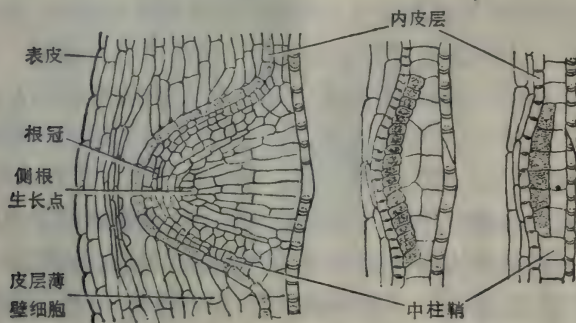


图 17 侧根发生的各个阶段

**韧皮部:** 由筛管、伴细胞、韧皮纤维和韧皮薄壁细胞构成。在幼根的切面上,韧皮部位于木质部的星芒之间的凹部,与木质部的星芒相间排列。

筛管,由一系列上下相接的活细胞构成,也呈管状,不过上下两个细胞相邻的细胞壁,象筛子样具有许多小孔(筛孔),这种结构叫做筛板。初期的筛管细胞含有细胞质和核,中央有液泡,薄壁,成熟后核解体,细胞质与液泡界限不明。筛管的功能是将叶的光合产物和有机营养输送给体内的其他部分。伴细胞,是位于筛管旁的小型薄壁细胞,具明显的核、浓厚的原生质,功能与蛋白质合成有关。韧皮纤维形状比木质纤维更为细长,细胞壁主要为纤维素,较少含木质。韧皮薄壁细胞的形态、结构和功能与木质薄壁细胞相似。

形成层:根的形成层来源于木质部和韧皮部之间的薄壁细胞,和位于木质部芒端的中柱鞘薄壁细胞。形成层多存在于双子叶植物根中,它可以周期性地地进行分裂,向内增加新的木质部,向外增加新的韧皮部,使根的中柱增粗(形成层的增粗生长,叫做次生生长)(图 18),包围中柱的皮层和表皮被撑破,这时中柱鞘和部分皮层细胞,也恢复分生能力,称为木栓形成层。木栓形成层的分裂活动,向外增生木栓层,木栓层细胞壁栓质化增厚,不透水,不透气。向内增生栓内层的薄壁细胞。木栓层、木栓形成层、栓内层共同构成保护老根的外皮(也叫做周皮),它无吸收功能。单子叶植物一般没有形成层,所以没有次生生长和增粗。有些单子叶植物根的中央,有许多薄壁细胞所构成的髓部,这种薄壁细胞在生长后期,常变为木质化的厚壁组织,以增加中柱的支持能力,这在水稻老根中表现特别明显。

2. 根系的生理功能 恩格斯说过:“形态学的现象和生理学的现象、形态和机能是互相制约的。”根的形态结构也与它的吸水吸肥生理功能,存在着形式和内容的统一及相互制约的关系。



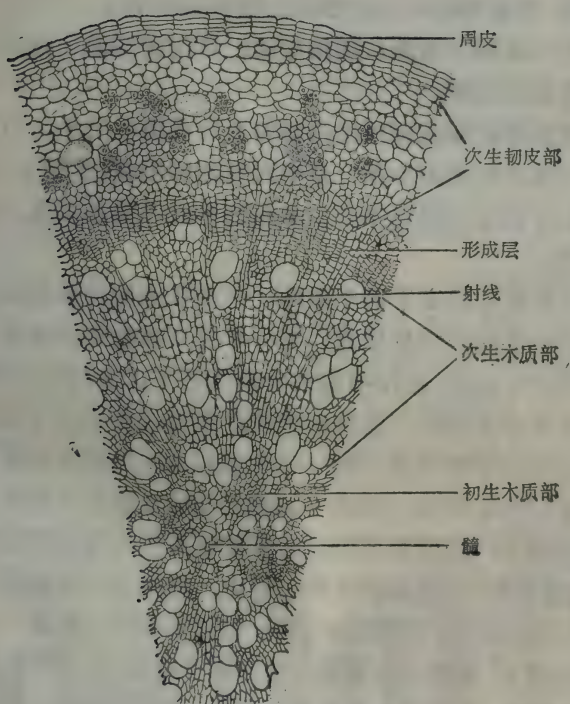


图 18 棉根的次生结构

(1) 根系吸水: 根系吸水的动力, 一个是靠根部细胞渗透作用所产生的根压; 另一个是因叶子表面水分蒸腾所造成的导管内部水分子的拉力。正是由于这种下压上拉的力量, 才使水分源源不断地从土壤进入根部, 从根部输送到茎叶, 形成植株内运转不停的液流。

渗透吸水: 如果将一株丝瓜齐根切断, 在根桩上套一截橡皮管, 管的另一端引入瓶中, 经过一段时间, 瓶内就出现了从根流出来的汁液, 这种现象叫做伤流, 是根压把水液向上压送

的证据,也证明根能主动地从土壤中吸收水分。

若问这种力量是从那里来的?这就要知道一点关于细胞渗透吸水的道理。

根的表皮细胞和根毛内部与土壤孔隙中的水,中间隔着一层纤维素的细胞壁和一层半透性的细胞膜(质膜),水要通过它们才能进入细胞中去。水经过半透性膜的吸收,就叫做渗透吸水。

渗透吸水决定于两个条件,一个是细胞内部的细胞液的浓度要比土壤溶液浓度高,另一个是要有象细胞膜这样的只容许水分子进出,不让细胞液内溶质分子出去的半透性的膜。具备这两个条件时,因为低浓度土壤溶液比高浓度细胞内溶液中的水分子密度高,相反的土壤溶液中的溶质分子要比细胞溶液内的密度低。按照一般的物质运动规律,如果存在二种物质分子,它们总是要从密度高的部分向低的部分相对运动(也叫扩散),达到密度均匀为止。例如放几粒盐在一杯水里,不久盐粒即扩散到整杯水中。但在上面所说存在一个半透膜的情况下,质膜不让细胞内的溶质分子出去,于是就只能产生一个结果,那就是水分子从土壤中通过质膜,进入细胞。这一因浓度差异而使水分子运动的力量,叫做渗透压( $P$ )。这样,细胞渗透吸水的能力,似乎完全决定于细胞液浓度的大小或者渗透压( $P$ )了。其实不是,它还要受另一方面条件的制约,这个条件是细胞的膨胀程度。

水分进入细胞,细胞体积要增大,但它的增大是有限度的,因为存在着一层纤维素的细胞壁,当水分进入细胞膨大,对壁产生了一个使它撑大的压力;叫做膨压( $T$ ),相应的,细胞壁也产生一个方向相反、大小相等的应力,叫做壁压( $W$ )。壁压的大小与细胞膨胀程度有关,如果细胞膨大到极限,这个

壁压也增大到与渗透压相等。例如给自行车胎打气，开始不太费力，以后车胎内气愈足，就愈不容易把气打进去，当车胎打足了气，就再也打不进去了。这与细胞壁对细胞吸水的作用是同道理。根据这个道理，细胞的渗透吸水原理，可归结为下面的公式：

$$\text{细胞吸水力}(S) = \text{渗透压}(P) - \text{膨压}(T)$$

这也就是说，细胞渗透吸水力的大小，一方面与细胞液的浓度有关，另一方面与细胞的膨胀程度有关。水分之所以能从土壤进入根毛和表皮细胞，又从表皮细胞从外向内经过皮层，到达中柱，就是因为根部从外到内存在细胞吸水力从小到大的梯度。例如在菜豆和蚕豆根内测定吸水力如下：

表 3 菜豆和蚕豆根的吸水力\*

材 料	表 皮	皮 层 细 胞 的 层 次							内皮层	导管周围 薄壁细胞
		1	2	3	4	5	6	7 .....		
菜 豆	0.9	1.3	1.7	2.0	2.6	3.2	3.6	4.2	1.3	0.8
蚕 豆	0.7	1.4	1.3	1.5	2.1	2.8	3.0	3.2	1.7	0.9

\* 单位：大气压，1大气压即维持 760 毫米高度水银柱的压力。

在上表中，可看到内皮层与导管周围的薄壁细胞吸水力反而比皮层细胞低，又是什么力量把水从皮层拉进导管呢？这可能是因为导管周围的细胞代谢能力强，呼吸作用旺盛，释放的能量多，起着类似抽水机的作用，使皮层细胞内的水，经过“通过”细胞这个闸孔，源源不断地“泵”进导管。所以根的吸水，不能脱离呼吸，土壤里如果缺乏空气，根系缺氧，吸水就要受阻。旱地淹水过久，作物在积水的地里，也会呈现缺水的凋萎

现象。贫下中农说“锄头下有水”，生动地说明土壤中的气和水的辩证关系。

叶子蒸腾与根的吸水也有密切关系，这个问题在叶的部分再讨论。

(2) 根系吸肥：作物需要的主要矿质元素有氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、铜(Cu)、锰(Mn)、锌(Zn)、钼(Mo)、硼(B)等，其中氮、磷、钾、钙、镁、硫是大量需要的，其他只是微量。现在知道，这些无机元素主要以离子态被植物吸收，例如植物吸收的氮，主要是铵离子( $\text{NH}_4^+$ )、硝酸根离子( $\text{NO}_3^-$ )；吸收的磷，主要是磷酸根离子( $\text{PO}_4^{---}$ )；钾盐的钾离子( $\text{K}^+$ )或钙盐的钙离子( $\text{Ca}^{++}$ )等。植物吸收这些离子的主要部位，是在根尖的根毛区前面的生长区，也就是在主要吸水区的前面部分，距根尖端 2~3 厘米内。

土壤溶液中的这些无机盐类离子进入根系内部的过程，与根系吸水有所不同。第一是离子吸收有选择性，例如，我们施用化肥硫酸铵，溶解在土壤溶液中成为铵离子  $\text{NH}_4^+$  与硫酸根  $\text{SO}_4^{--}$ 。而作物的根较多地吸收含氮的铵离子，较少吸收含硫的硫酸根离子，于是土壤中  $\text{SO}_4^{--}$  愈积愈多，引起土壤酸化，土质板结发僵，这说明植物吸收离子有选择性。不同植物种类以及生长的不同时期，需要和吸收的离子，在种类和数量上是有差别的。如番茄不吸收氧化硅( $\text{SiO}_2$ )而吸收钙离子( $\text{Ca}^{++}$ )较快；水稻吸收氧化硅快，吸收钙离子较慢。水稻分蘖盛期，吸收大量的铵离子和钾离子，在分蘖终期，磷、钙、镁吸收增加，穗期吸收氧化硅较多。

第二是离子吸收量与水分吸收量并不存在正比的关系。例如，作物蒸腾强烈，根部吸水快时，矿质吸收有时不是相应增多，而是减少。遮荫下，蒸腾吸水减少，矿质吸收量并不减



少,反而增多。这说明吸水与吸肥的原理是两码事,不能认为作物根吸肥是简单地随着水分渗透进入根内。

矿质的吸收与根系的呼吸强度关系很大,氧气供应增加,呼吸强度加大,矿质吸收随之增强。同时,矿质吸收的加强,又会反过来促进根的呼吸。

作物根在呼吸时一方面释放能量,用于吸收矿质;一方面放出二氧化碳,溶解在水中生成碳酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ),碳酸又离解为氢离子( $\text{H}^+$ )与碳酸根离子( $\text{HCO}_3^-$ ),在原生质膜上的这种氢离子和碳酸根离子,可以和土壤溶液中的阳离子 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{++}$ 或阴离子 $\text{SO}_4^{--}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 等相互交换,将矿质营养离子吸附在质膜上,然后进入细胞。这一反应过程要受土壤温度、土壤溶液浓度、土壤含水量和土壤通气状况的影响。在土温高、土壤溶液浓度低、含水适中、通气良好的条件下,吸肥的效率较高。所以贫下中农说:“肥是农家宝,要靠施得巧”。这个“巧”归纳起来,群众的经验有这样几条:施肥要四看,即看苗,看天,看土,看肥。具体地说,看苗最重要,要了解不同作物,不同生育时期吸肥的规律。即作物要吸收什么,吸收数量的大小,吸肥速度的快慢。同时,也应了解作物缺肥时会有那些反应。这样,苗虽不会讲话,我们却能根据它的长相,知道它的需要。“看天”,“看土”,主要是了解吸肥的条件好坏,如果天旱,施肥就要结合灌水,“以水调肥”。若是久雨,施肥就要结合松土,“以气调肥”。“看肥”,指根据肥料特性,采取适当的施用方法。四看只是经验的概括,具体应用要针对实际情况进行具体分析,还必须善于向有实际经验的老农学习。

3. 根系的生长活动 对作物根系的生长活动,贫下中农有丰富的实践经验,他们认为,夺高产必须促使根系早发、旺

发和强壮。这里包含许多深刻的道理。首先，根系的生长和分枝，实际上就是提高水肥吸收效率的一项基本建设。这个道理不难理解，因为吸收水肥的部分，是幼嫩的根尖。生长好、分枝多，幼嫩的根尖就多。同时，细分枝多、根尖多，也相应地扩大了根部吸水吸肥的表面积，这是根系适应于吸水吸肥的一个特点。有人测定过一株黑麦根系的表面积（包括根毛，可达 639.6 平方米），相当于地上茎叶表面积的 130 倍。

其次，根的生长速度快和慢，也直接与吸收效率的大小有关。根系长得快，新生的幼嫩白根就会在土层中穿插前进得快。根系吸收部分主动地在土层中移动，是一个很重要的特性。因为，在排水通气良好的土壤里，水只是存在于土粒间微小的孔隙（毛细管）中，或者被吸附于土粒表面形成薄的水膜。对植物来说，主要能利用的是毛细管水，但是这种状态的水分，移动性不快，移动的距离也不大。例如有犁底层的稻板田不会漏水，就是因为土层紧实，只有毛细管，没有大孔隙，水就很难向下渗漏。植物生长时需水量很大，土壤里的毛细管水又移动迟缓，如果根不主动移动，就很难从土中吸取到大量的水和肥。

最后，谈一下壮根与吸收的关系。从群众的壮根标准来看，壮根是根系发达并要有强大活力的幼根，表现为分枝细根粗壮、丰满，分枝多，根毛发达，根尖发白。这就是说，壮根必须是根尖生长锥活动力强，侧根分生力强。要做到这两点，管理上应使苗和根的生长协调，使根可从茎叶得到充分的有机营养，这是获得壮根的必要物质基础；另外也要创造适于根尖生长活动的土壤条件，主要是控制墒情，通风透气，土壤保温。稻田的适期搁田，及时耘耥；旱地棉麦苗期开沟，勤锄，勤中耕，目的都在于促进新生白根早发，旺发。

## (二) 苗 的 发 育

实践的经验证明，要搭好高产架子，关键在于“促壮苗早发”。

苗包括地上的茎和叶。叶是制造养料的绿色工厂，叶内的叶绿素能吸收太阳能，以空气中的二氧化碳和土壤中吸取的水为原料，合成为碳水化合物等有机物质。叶、花、果都着生在茎的分枝上。但是，这里要强调一下，茎不仅是一个支持叶、花、果的骨架和将根、叶、花、果联系起来的器官，更重要的是叶、花、果都产生于茎的分枝顶端。同时，植物体内物质的分配与输送，也密切依从于茎端的生长活动。所以，在促壮苗早发的实践中，如果知道一些茎尖的活动规律，就会减少盲目性，增强主动性。

1. 茎尖生长 产量与植物的分枝或株型有关。例如，棉花的高产要求果枝多；水稻的产量在相同的密度下，决定于有效分蘖的多少；木材的生产，主要是争取主茎(树杆)的速生快长，控制侧枝生长过旺。

植物的分枝和分蘖，都发生于苗上的芽。株型或者分枝好坏，也决定于芽的活动。

芽的类型、结构和活动：芽是尚未展开的幼茎或花。展开后只有茎和叶的，叫叶芽(营养芽)；既有茎叶又有花的，叫混合芽；只有花或花序的，叫花芽(生殖芽)。

根据芽的着生位置，位于主茎顶端的，叫顶芽；位于茎枝叶腋的，叫腋芽；发生于其他部位的，叫不定芽。叶腋的腋芽，如果不止一个，则位于正中的腋芽，叫主芽，主芽旁边的腋芽，叫副芽。

正在生长活动着的芽，叫活动芽；处于休眠状态的芽，叫

休眠芽;芽外,包被着鳞片的,叫鳞芽;无鳞片包被的,叫裸芽。

如果把叶芽纵切为二,从切面上可看到芽的内部,由外向内,有幼叶、叶原基和一个顶端生长锥(图 19)。生长锥由茎端的分生组织所构成,叶原基是生长锥周缘的一些小突起,它是生长锥生长分化出的叶原始体,进一步发育为幼叶。在芽内,尚未展开的幼叶腋部,也有类似生长锥的突起,它是腋芽原基,以后发展为腋芽。在成熟的花芽或混合芽中,看不到茎端的生长锥,因为它已分化为花了,生长锥已分化成花后,茎端就不可能再继续向前生长和分化。于是,这个顶端变为花的枝,营养生长也停止了。

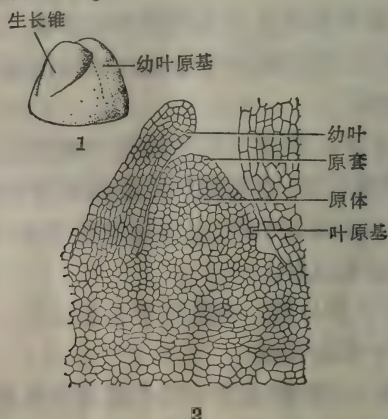


图 19 水稻茎尖

1.外形 2.纵切面

植株上各种芽的活动,相互间存在着一些带有规律性的现象。

顶端优势现象:主茎或分枝顶部的营养芽,往往抑制着它下面较邻近的腋芽,使它处于不活动的休眠状态,这叫顶端优势现象。除了掐去顶芽,休眠的腋芽立即萌动外,当这个顶



部营养芽的生长锥转变为花时，它下面的腋芽，也可以解除休眠，恢复活动。顶端优势依赖于顶芽产生高浓度的生长素，抑制着腋芽生长。

**芽的活动节律性：**各种植物芽的形成、分化和萌动都与季节的变化有关。例如，苹果的叶芽和花芽在夏秋之间形成，经过冬季休眠，次年春季开放。一年生的作物，在生长期中活动着的芽，也受季节性变化的影响。例如，晚稻在昼长夜短的夏季，顶芽只分化出幼叶和腋芽；入秋后昼短夜长，顶芽就转变为生殖芽，分化出花和穗。营养芽上新叶展出的速度与气温变化有关，养分足、气温高，出叶快。

**2. 分枝和整枝** 劳动人民在果树和棉花栽培中，积累了丰富的整枝经验，有效地改造着果木与棉株的株型，使它们符合生产的需要。这些成功的经验，加深了人对植物分枝活动规律的认识。

一般双子叶植物的分枝，可概括为两个基本的方式，即单轴分枝与合轴分枝。棉株的主茎和木枝(雄枝)属于单轴分枝，果枝是合轴分枝。

**单轴分枝：**棉苗主茎的顶芽，在整个生育期中，始终保持着顶端优势，持续地向上生长，形成新叶和腋芽，成为粗壮的主杆。主杆上靠近顶芽的腋芽总是处于被抑制的地位。因此侧枝的发生，总是按离顶芽由远到近的顺序，侧枝的长势，也沿从基向顶的次序，呈现出从强到弱，构成棉株宝塔状的株型。棉花植株上叶腋正中的主芽，也是营养芽，由它们所形成的单轴分枝都不直接产生花和果，全是营养的木枝。

**合轴分枝：**棉株主茎叶腋的副芽，是混合芽。这种芽的茎尖，在分化出一叶后，即转入生殖生长，整个生长锥分化为一个花蕾。于是顶端优势转到花蕾下面叶腋的副芽。这个副

芽仍然是个混合芽,它也是分化为一叶一花。如此继续下去,即构成了果枝。果枝的轴,不象主茎和木枝,仅来源于枝端的一个顶芽,而是由许多相继活动的副芽所产生的一些节间联合而成。所以从叶侧平伸而出的果枝常呈“之”字形曲折,分枝上花多果密。通常果树上的果台(结果枝)也是合轴。

棉株的理想株型,应是果枝出现节位低,主茎的茎间短,发育良好的果枝多,果枝上着铃多,脱落少,中下部果枝的铃密铃大。为了建立这种的高产架子,生产上主要是狠抓早期肥水管理和整枝。

棉苗主茎基部第1~2真叶的腋芽,一般都不活动;在第2~3叶到第5~6叶之间,通常是主芽活动,副芽潜伏;5~6叶以上,常是副芽活动,主芽不活动。但在水多肥足时,主芽也可能与副芽同时活动(这叫赘芽)。这时果枝的叶腋,也可能出现赘芽。棉花的整枝技术,包括以下几个环节:①去木枝,即剥去主茎下部叶腋主芽所形成的木枝,时间愈早愈好。②摘顶心,在棉花已具有足够的果枝时,及时掐去主茎顶芽,目的是促进下部果枝生长,限制顶端晚出的无效枝发生。一般在初霜前75日摘顶,但也要看苗的长势强弱,强时晚摘,弱时早摘。③打边心,掐去果枝顶端,目的是限制果枝继续生长,巩固枝上着生的幼铃。④抹赘芽,即抹掉主茎上部叶腋开始活动的主芽和果枝叶腋的营养芽。有时为了改善田间通风透光,还可以在后期进行去老叶。

3. 增蘖与控蘖 稻麦等禾谷类作物主茎的上部茎节,节间伸长,在这种具有伸长节间的叶腋,腋芽一般都不活动。只有靠近地面没有伸长节间的下部茎节,叶腋的腋芽可形成侧枝,并且在分枝的基部产生许多不定根,这种带有不定根贴近土表的分枝,叫做分蘖。

主茎和分蘖的顶芽经过一定的营养生长，即转入生殖生长，形成颖花和小穗。适当地增加早出的有效分蘖，可提高单位面积的穗数。晚出的无效分蘖，在收割前往往来不及抽穗，或来不及成熟，如果不加控制，会无谓地消耗养料，造成田间通风透光不良，易引起病虫害。所以，稻麦分蘖期的田间管理工作，主要是抓好增蘖和控蘖。

增蘖既要抓数量，也要抓时间，抓质量。根据当前国内农业生产的特点，稻麦等粮食作物增产，主要是选用高产、早熟、矮秆的品种，实行合理密植，提高复种指数。增蘖的内容也以争取早生、快发、壮蘖作为主攻方向，不是单纯地追求数量。

水稻的主茎上一般有12~13个节（单季晚稻较多，约16~18节）。一般情况下，移栽稻基部的1~4个茎节，因受移栽影响，腋芽不能成蘖；上部的3~4个伸长茎节，腋芽呈休眠状态。因此，可形成分蘖的茎节数量是有限的，大约4~6个左右。但这只是主茎上的第一次分蘖，第一次分蘖上还可产生第二次分蘖，增蘖的潜力就不算小了。

分蘖的发生有一定规律，即新生叶的节位与新生蘖产生的节位（也叫蘖位），总是相差3个，并且新叶和新蘖差不多同时生出。例如当苗出现第6张新叶，始现分蘖，这个蘖位是第3节，以后顺次向上，每新出一叶，也新现一蘖，这叫做“叶蘖同伸关系”。另一方面，分蘖出现时间早晚，与能否成穗有关，一般移秧后15~20天生出的分蘖，基本上都是有效的。再晚，就是无效分蘖。所以，在这段时间内，争取出叶和分蘖的速度加快，是争取早蘖和增蘖的关键。

稻苗在分蘖期，一般上下两叶出现的间隔期，是5~7天。如果扣得紧，在移秧后15~20天内，可以争取到4~5个第一次分蘖和1~2个第二次有效分蘖。

分蘖和分枝不同,当它具有三叶时,养料的供应即可相对地不依赖主茎而独立自主。因为,三叶的分蘖靠自己的根系和茎叶,已可解决问题。一般具有4~5叶以上的分蘖,多能成穗。在早蘖、快发的基础上,继续争取早生分蘖出叶快,长势旺,长得壮实,有利于形成大穗。

壮秧浅插后土温较高,再加上水浆管理好,返青快,追施蘖肥适时适量,分蘖就发生早,出蘖快,质量高。上海郊县双季稻增蘖的经验是“三早一认真”,即早追肥争取“一轰头”,早耘耨,早治病虫,认真管理水浆。早追肥是增蘖的关键,早耘耨是促新根,控无效分蘖的主要措施。浅水勤灌,活水养稻,结合分蘖后期搁田,可兼收壮蘖和控蘖的效果。三早之中,首先要抓住早追肥这个关键,因为肥足不仅促早现蘖,而且加快新蘖生长速度,促进苗的长势。现蘖早就能增蘖快,增蘖快才会发得足,易形成大蘖和壮蘖,成穗率高,穗型也大。

### (三) 茎的结构与生理功能

茎的生理功能是上下输送水分和养分,制造和贮存部分养分和支持叶、花、果、穗,茎的这些生理功能与它的结构特征是统一的。

1. 茎的结构 从幼嫩的棉茎上,切取一横切片,做成水封片\*,在显微镜下观察,可见它的内部构造,也和根一样,分为表皮、皮层和中柱三部分(图20,21)。

(1) 表皮:茎的表皮排列紧密,外侧表面明显地角质化,幼茎表皮常有气孔,有单细胞或多细胞的腺毛,腺毛细胞可分泌粘液或油。这些与根不相同的构造,适应于茎枝所处的地

---

\* 水封片:将切下的材料薄片,放在载玻片上,再滴加1~2滴水,盖上盖玻片,这种方法只供临时观察新鲜材料用。



面环境,可减少表面水分蒸腾,防止病菌侵入。

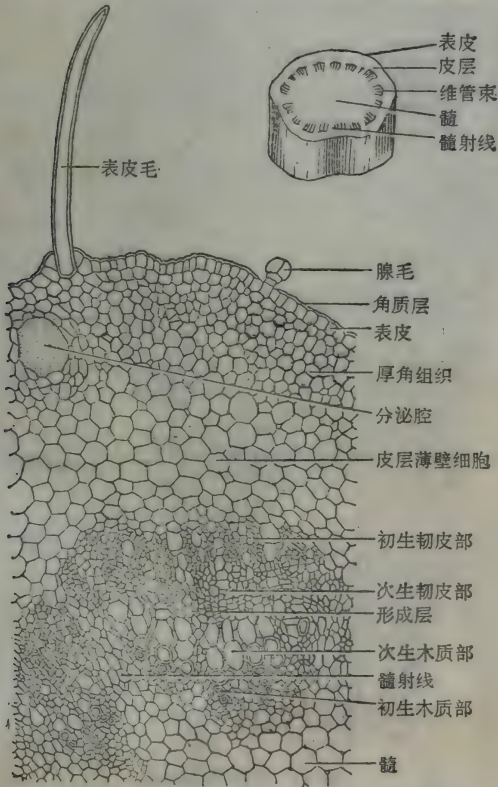


图 20 棉茎初生结构

(2) 皮层: 幼茎的皮层是靠近表皮的薄壁细胞, 常含有叶绿粒的同化组织, 能进行光合作用, 制造部分养料。靠近内部的皮层细胞, 主要是贮藏养料和进行合成的部位。茎一般无明显的内皮层。草本植物茎常在皮层内, 以不同形式分布着厚角或厚壁机械组织, 这是增强茎的机械坚固性的结构。棉

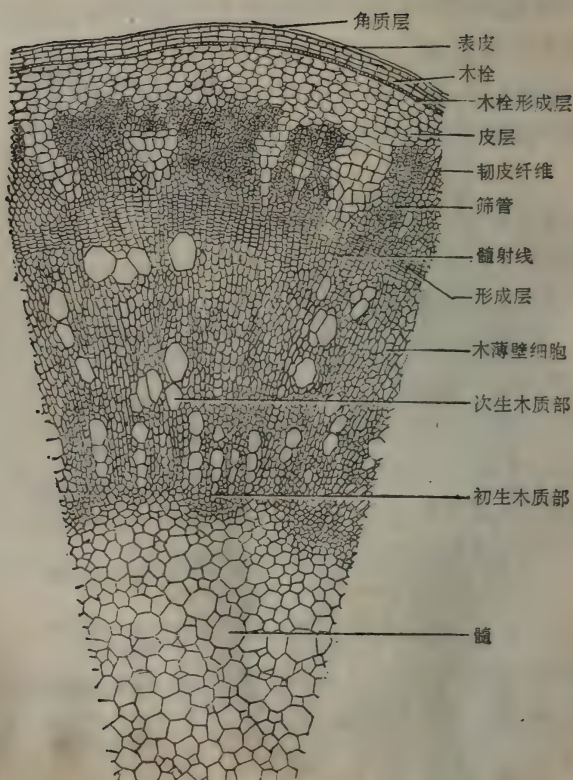


图 21 棉茎次生结构

茎的皮层中还有油腺。

(3) 中柱：中柱的柱鞘与皮层往往界线不清，也没有特别加以区分的必要。中柱在中央有发达的髓部，它是由许多大型薄壁细胞所构成。髓部的外围是一圈环状排列的许多维管束，介于各个维管束之间的是由薄壁组织所构成的射线，这是沟通内外的结构。每个维管束，也可分为位于外方的韧皮

部,位于内方的木质部,和介于韧皮部和木质部之间的束内形成层。射线中与束内形成层所在部位相应的薄壁细胞,可恢复分生能力,成为束间形成层。束内与束间形成层连续成茎的形成层环,进行分裂活动,可使茎加粗。这是双子叶植物幼茎的一般结构。

2. 茎的生理功能 单子叶植物的茎,维管束是散生的,一般没有形成层(叫做封闭的维管束),茎不会不断地增粗,皮层与髓部界线不清。水稻和小麦的茎中空,表皮层下有多层细胞壁硅质化增厚的机械组织,这一结构的发展程度,与茎秆硬性和抗倒性有关(图 22)。生长在积水土壤中的水稻,茎的皮层内有通气的腔道,是将叶部进入的空气输送到根里去的结构(图 23, 24)。

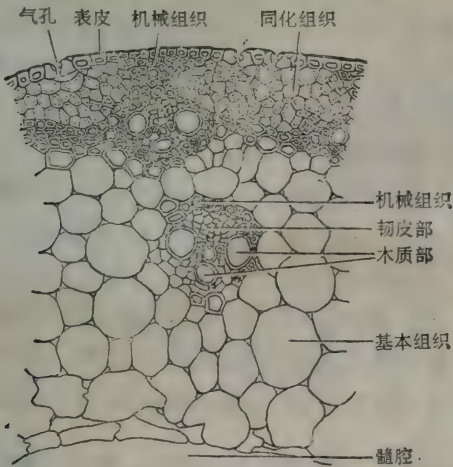


图 22 小麦茎的结构

茎内维管束是以复杂形式连结起来的网状结构,叫做维管束系统。根系与地上各个分枝,以及各分枝相互间,分枝的

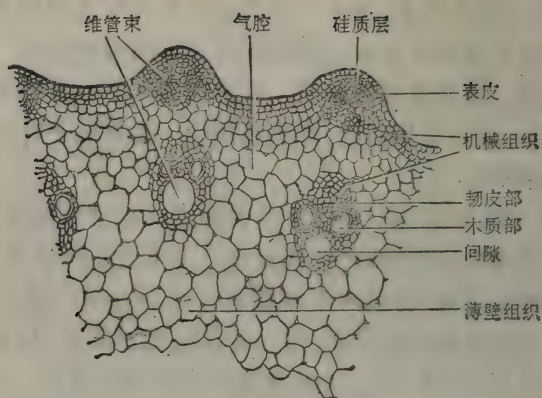


图 23 水稻茎的结构

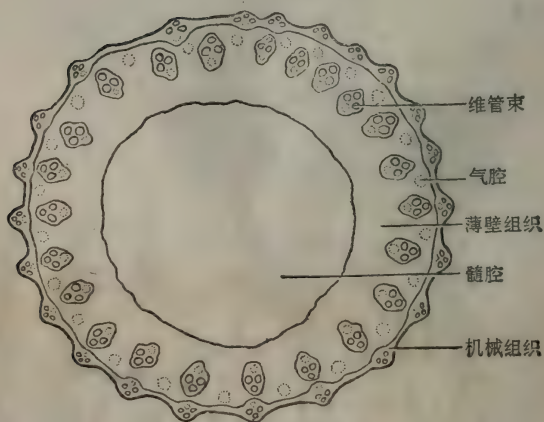


图 24 水稻茎横切面

各叶之间,水分与养分的来往输送关系,在一定程度上受维管束系统的制约。例如,有人用放射性碳( $C^{14}$ )喷在一片棉叶上,再检查含  $C^{14}$  的同化产物,主要被输送到位于这片叶子同侧的几个果枝;而位于这枚叶子对面的果枝,完全没有得到含



C<sup>14</sup>的同化产物。这叫同侧运输现象,显然与维管束系统的连结方式有关。

“生长中心”是支配着物质在茎枝内输送方向的另一重要因素。生长中心是植株上进行分裂、分化和生长活动最活跃的部位,它的年龄最小,生理代谢水平最高。所以,物质主要向这个部位输送。例如,水稻在分蘖期,生长中心是它的主茎和新生蘖的茎尖及幼叶;幼穗分化期的生长中心是幼穗;开花后生长中心转移到正在充实的籽粒。在作物的苗期,生长中心也就是茎枝上生长和分化最活跃的部分。生产上的促和控,实际上也就是通过各种外因,来影响生长中心,调节养分的分配和输送。排灌、施肥和中耕(浅中耕或深中耕),都是调节作物体内物质输送分配的有效措施。

林业的木材生产,主要是树杆内木质部所构成的木材。计算木材年生长量,主要根据主杆的每年生长高度和树杆断面上的每年增加的径长。进行这种计算,必须分析断面上的年轮。年轮是形成层季节性活动的产物,春夏季活动强,形成的春材木质部细胞大,组织疏松;秋季活动弱,产生的秋材木质部细胞小,组织致密;冬季停止活动。因此,在前一年的秋材与当年的春材之间,出现明显的界线,这就是环状的年轮。木材断面上的年轮,记录了树的历年生长情况,是快是慢,质好质坏,如果与历年的气候,抚育管理措施联系起来,进行分析,可以从中总结出树木杆材速生快长的规律性,并用来指导当地的木材生产。

麻类作物中多数是利用茎部的韧皮纤维,例如,苧麻、黄麻、大麻、亚麻等,茎内均有发达的韧皮纤维束。韧皮纤维的细胞壁内纤维素含量愈高,细胞的长度愈大,纤维的质量和利用价值也愈高。因此,在麻类栽培和育种工作中,也需要结合不

同栽培与育种措施，来研究麻的茎部韧皮纤维的形态、产量和化学特性。

#### (四) 叶的形态结构与生理功能

绿叶起源于茎尖。叶是两侧对称的薄片状结构，一般可区分为背腹面。叶的形态结构极为多样，而且多变。植物内部的状况，环境对植物的影响，都可以在叶子的可见变化上得到敏锐的反应。有实践经验的老农，能够从叶子的颜色、长相、长势，以及某些微细的特征上，判断作物生长好坏，了解作物有什么急迫需要，从而因地制宜地采取措施。

1. 叶的形态特征 一般情况下，叶子包括叶片、叶柄和托叶三部分（见图 11, 12）。叶片是植物最主要的光合和蒸腾器官，制造有机养料，维持水液运转。托叶常在叶片展开以后脱落，叶柄联系着叶片与茎，茎内的维管束通过叶柄与叶内的叶脉（维管束）连为一体。禾谷类和少数双子叶植物（如胡萝卜）的叶柄，变为抱茎的鞘状物，叫做叶鞘。有时叶柄极短。只有一个叶片和一个叶柄的叶，叫做单叶。由许多单叶连合而成的叶，叫复叶。复叶有掌状和羽状两类。

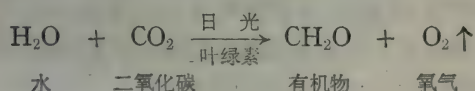
叶都着生在茎的节上，根据叶在茎上着生的位置与排列，可分为互生叶、对生叶、轮生叶。通过叶的排列，叶柄的长短与扭转和叶片形态的相互配合，叶片在枝上总是表现出尽可能地减少相互重叠遮光，这是植物体充分利用日光的一种适应，叫做“叶镶嵌现象”。

叶片的外形，不仅因不同的种而异，而且在同一种植物体上，叶形也会有自下而上，有规律地变化。例如油菜在苗期，只有着生在缩短茎节上具长柄的基生叶；抽苔后在伸长的茎节上具短柄的苔叶；开花时，花苔的轴上有抱茎的无柄叶。这

种随植物生育期的阶段不同,叶形相应的变化规律,叫做叶的“异形性现象”,这是一个比较普遍的现象。如果把叶形的动态与内外条件的变化联系起来,了解它们彼此间的具体关系和对产量的影响,对大田生产管理中如何看苗,很有帮助。

2. 光合作用 作为植物主要光合器官的叶子,究竟是怎样进行工作的呢?

叶片展布于空间,在阳光下,依靠叶绿素,利用光能,把从外界吸收进来的二氧化碳( $\text{CO}_2$ )和水( $\text{H}_2\text{O}$ ),制成潜藏着化学能的有机物(如葡萄糖  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ),并放出氧气( $\text{O}_2$ ),这一生理过程叫做光合作用。全过程可概括为:



从上面这个总的公式里,反映着光合作用这一生理过程,包含两类重要的变化。

(1) 将简单的无机物制造成复杂的有机物,并放出氧气。这是一个物质转化的过程。

(2) 利用太阳光能,把简单物质合成为有机物,并将太阳能转变为有机物里贮存的化学能。这是一个能量转化过程。

光合作用包含两个阶段,每一阶段都有物质与能量的转化。第一阶段称为光反应,叶绿素在太阳光下,吸收光能,一部分光能使水分解为氢和游离的氧,这叫水的“光解”。另一方面,另一部分光能传递给可贮存能量的磷酸化合物,即二磷酸腺甙(ADP),ADP接受能量和一个磷酸根,变成高能的三磷酸腺甙(ATP)。这样磷酸根就象一个携带能量的接力棒,使ADP转为高能的ATP,这叫做光合磷酸化作用。第二阶段称为暗反应,这个反应是水“光解”产生的氢(H)在ATP的

参与下还原  $\text{CO}_2$ , 生成葡萄糖( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), 再转化为淀粉。

光合作用的产物不仅是糖和淀粉, 当供给含氮(N)的铵盐时, 也可形成氨基酸和蛋白质。光合反应中有各种酶参与作用, 这些酶总称光合作用的酶系。

从以上简略的叙述中, 可以了解光合作用的过程, 如果要在叶子里顺利进行下去, 离不开三个基本条件。第一, 要有吸收太阳光的色素; 第二, 要有水和二氧化碳源源不断的供应; 第三, 要有参与光合反应的磷(构成磷酸的元素), 镁(叶绿素的结构成分), 氮素(合成蛋白质的原料), 以及各种酶和维生素。此外, 光的强弱, 叶面温度的高低, 空气中二氧化碳的浓度, 土壤中供水能力的强弱, 都会显著影响光合作用效率。

叶片的结构与光合作用之间存在极密切的关系。通常叶片可分为表皮、叶肉、叶脉三部分(图 25, 26)。

**表皮:** 叶片的两面表面, 由一层相互紧密嵌合、不含叶绿体的扁平细胞构成, 外侧壁覆有透明的角质或蜡质层。表皮上有气孔, 双子叶植物气孔是两个肾形、内含叶绿体的保卫细胞(图 27)。单子叶植物气孔有四个细胞, 两个是哑铃状的保卫细胞和位于两侧的副卫细胞。表皮上往往有毛茸、腺体或鳞片等附属物。

**叶肉:** 是分布在上下表皮之间的多层薄壁细胞, 细胞之间有发达的间隙, 细胞内部有许多叶绿粒, 有些两面叶(分背腹面的叶), 上表皮下的叶肉细胞排列较密, 呈柱状, 叫栅栏组织; 下表皮的叶肉疏松, 叫海绵组织。在气孔下面往往有一较大的空腔, 叫做气腔。

**叶脉:** 是叶片中的维管束系统。分为主脉、侧脉、细脉, 彼此联络沟通, 在细脉网格间, 有极细的终止于叶肉细胞之间的盲梢脉。主脉通过叶柄与茎部维管束相连。粗大的叶脉也



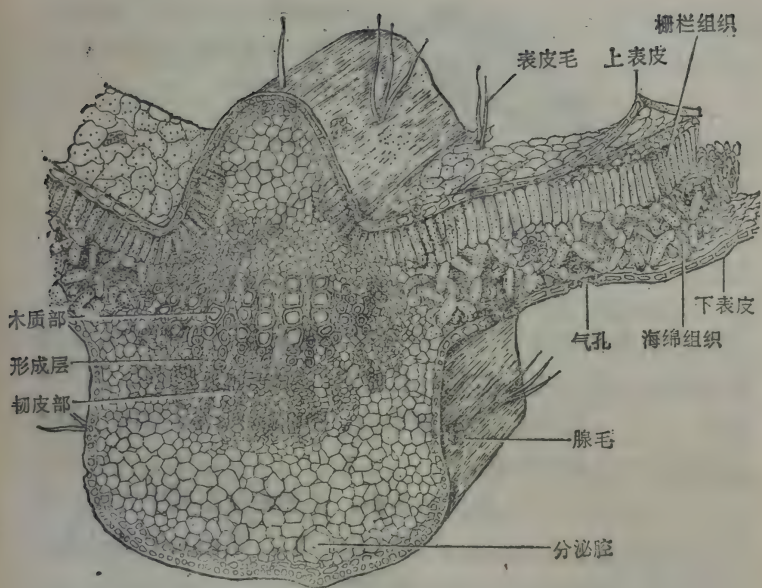


图 25 棉叶解剖

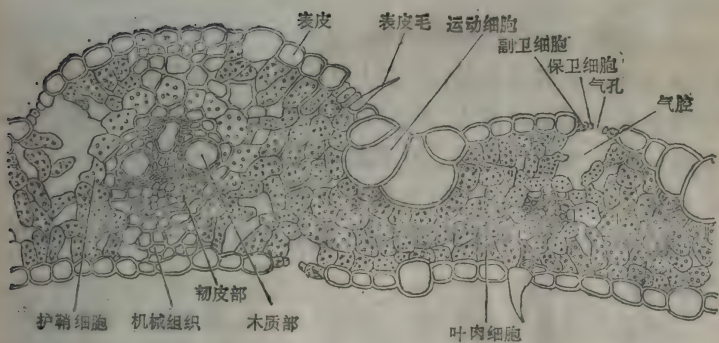


图 26 水稻叶解剖

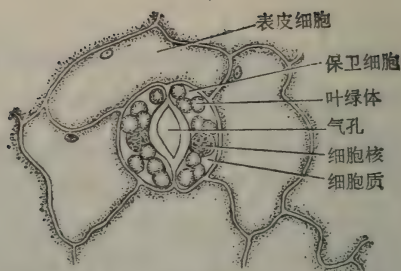


图 27 双子叶植物叶的下表皮一部分

分为本质部和韧皮部,并往往在其外侧有发达的机械组织,起着支持叶片的作用。叶脉分枝愈细,结构也逐渐简化,到了盲梢脉,只有一个导管,韧皮部消失,代之以包围导管的一圈薄壁细胞,叫做边缘细胞。

叶片结构与光合作用的关系,主要表现在两个方面。第一,结构适应于更好地吸收太阳光;第二,结构适应于二氧化碳的同化,同时,又要经济地利用水。

叶片的形状、排列以及叶肉细胞内的叶绿体的数量和分布,表皮的透光等,都是适应于吸收太阳光的,这方面无须多加说明。

叶绿体是光合作用的场所,直径平均为4~6微米,厚为2~3微米。形如扁盘状,每个叶肉细胞约含几个到几十个,平均每平方厘米的叶肉中,有几千万个叶绿体。因此,叶绿体的表面积比叶面积大得多。叶绿体的干物质中含有叶绿素a与叶绿素b,蛋白质,拟脂(类胡萝卜素、脂肪酸、磷脂等),镁,铁,磷,钙,铜,钾,和多种维生素、酶系及核酸。叶绿体含水约75%左右。

叶绿体具有片层状的亚显微结构,在细胞内可随原生质流而运动。在强光时,叶绿体以其窄面受光;弱光时,以其盘

面受光。离体的叶绿体,在适当的实验条件下,同样可以吸收光能和制造有机物。当叶绿体的结构被破坏,光合磷酸化的作用也丧失。

叶片的结构与同化二氧化碳的关系,是和叶子光合作用过程的内部与外面之间高速度的气体交换相适应的。光合作用制造一克糖,需要同化2500立升空气中所含的二氧化碳,这仅是按空气中 $\text{CO}_2$ 含量0.03%来计算,实际上植物只能利用空气中 $\text{CO}_2$ 含量的 $\frac{2}{3}$ 左右,需要的空气量还要更多一些。叶片的结构是适应于内外气体高速度交换的,气孔看起来很小,但由于在表皮上均匀分布,有利于气体的高速度扩散,同时,叶肉中有发达的细胞间隙,网状空隙占有70~80%的体积,使扩散进来的空气中所含的 $\text{CO}_2$ ,很快地溶解在叶肉细胞表面的水中,叶内空气含 $\text{CO}_2$ 的浓度降低,外面 $\text{CO}_2$ 浓度高的空气就更容易进来,里面 $\text{CO}_2$ 浓度低的空气也很快地排出去。由于叶的这种结构特征,使 $\text{CO}_2$ 的交换速度比水分的进出要快一千倍左右。

叶片在进行光合作用的同时,也要进行呼吸,因为光合作用中吸收 $\text{CO}_2$ ,形成ADP和ATP,以及将糖转化为淀粉,输送到其他器官中去,都要靠呼吸作用。呼吸要消耗一部分有机物,但一般情况下光合强度比呼吸强度大得多,所以叶内能够制造出大量的有机物,供给个体生长发育所需的养料。

3. 蒸腾作用 叶子与空气的高速度气体交换,不可避免地会让叶内的水,也成为水汽,从气孔向外逸散,这就叫蒸腾作用。表面看起来,根系吸收来的水,由于蒸腾大量消耗不是主要用于光合同化合成养料,似乎不很经济。但从生理的全局来看,蒸腾作用具有多方面的积极意义。首先,蒸腾促进了体内水液的运转,如果这种运转一旦停止,一切生理活动就要

处于停滞。同时，叶面的水汽蒸发，可吸收阳光照在叶面所产生的大量余热，维持绿色细胞进行光合作用所需的适温。

叶片在结构和生理上，对水分的蒸腾具有一定的主动调节能力，突出表现为气孔的启闭运动。在正常情况下，气孔启闭是有规律的，晴天早上开放，中午略闭，下午又开放，天黑前又完全关闭。阴天，气孔开放得比晴天小。干旱时，气孔开放时间更短，只在清晨和傍晚开放一会。

气孔的启闭受光的影响。因为，保卫细胞近孔侧的细胞壁较厚，远孔侧的细胞壁较薄，细胞内叶绿体制造的贮存态淀粉，在光下会转化为可溶于水的糖，引起液泡内渗透压增大，可从周围细胞吸水，使保卫细胞膨大，外侧壁凸出，内侧壁凹进，于是气孔开启。反之，在暗中或高温时，糖转化为淀粉，液泡渗透压降低，保卫细胞失水，胀压降低，细胞壁又恢复松弛状态，气孔关闭。气孔的自动启闭调节，在气温过高，供水极端不足时，也会失灵，水分蒸腾会失去控制，植物呈现萎蔫。当空气过于潮湿，叶子水分蒸腾发生困难，叶子有时会出现主动排水的现象。例如，在潮湿的热带森林中，有些植物叶子有专门排水的结构，叫做“水孔”，可不断向外溢泌水滴。大田中的稻麦，在阴湿天气的清晨，叶尖上也会有溢泌的水滴，这种水滴不是一般的露水，其中含有氨基酸，中医称它为“稻麦露”，可用于治疗某些疾病。

叶子表皮的角质或蜡质层，是减少非气孔蒸腾的适应。表皮上的毛茸、鳞片等是减少直射阳光强度，降低叶温，减少蒸腾的适应。禾谷类在叶的表皮内有使叶片卷合和展开的运动细胞，作用也是减少气孔的蒸腾。

为了提高绿叶的光合作用效率，农业生产中十分重视根据植株上叶的活动规律，采取相应的管理措施。内因是变化



的依据,外因是变化的条件,叶的活动规律就是内外因的相互联系。

从内因来说,个体上叶子的同化表面积,叶片的着生方式,叶的叶绿素含量,叶内部的结构特征,以及生理上吸收光能的效率,光合与呼吸强度的比例等,都对光合效率起着很大的作用。这些性状,有的需要通过遗传育种来改善,有的也可通过外因来施加影响。

例如叶的同化表面积大小,叶绿素含量的多少,叶片所处的光条件,都是可以由水肥管理和栽种密度来调节的。有丰富实践经验的贫下中农,积累和总结了大量科学知识。水稻栽培方面,晚稻的“三黑三黄”,早稻与后季稻的“二黑二黄”,不仅是看叶色的变化,还包含对叶的长势、长相和叶的生理动态规律全面深刻的认识。但是,别人的成功经验,是否能有效地用于自己的生产实践,主要决定于能不能把正确的理论和具体的实际情况结合起来,这就要对矛盾进行具体的分析,抓住作物生育过程中不同阶段的主要矛盾,采取针对性的措施,解决这种矛盾,促使向有利方面转化。

### (五) 营养器官的变态与繁殖

不同植物在其历史发展过程中,基于对不同的环境条件适应,营养器官在形态与功能上,有时表现出特殊的异常情况,这种现象叫做“变态”。

例如,正常的根是生长在土中的多分枝系统,主要功能是吸收水分与矿质养料。但甘薯、胡萝卜、甜菜的主根特别膨大,贮藏着大量的淀粉和糖(图 28)。玉米、高粱等高秆作物在靠近地面的茎节上,长出许多不定根支撑着茎秆。危害大豆的寄生菟丝子,根成为吸器,长入豆的组织内吸收有机养料等。



图 28 甘薯根的变态

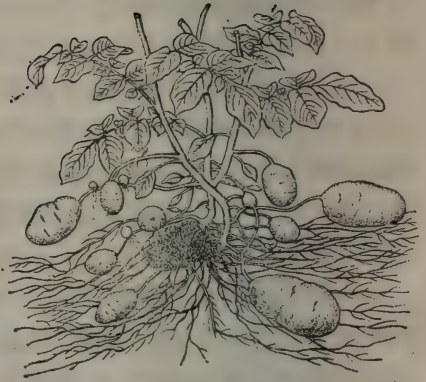


图 29 马铃薯茎的变态

茎也有各种变态, 马铃薯的地下块茎(图29), 荸荠的地下球茎, 洋葱的地下鳞茎(图 30), 甘薯的地面匍伏茎(节上可生根), 莲的根状茎(藕), 以及许多田间杂草的地下走茎, 瓜类的茎端可变为卷须, 皂荚的小枝变为棘刺, 仙人球的肉质茎, 都是变态适应。根和茎的变态, 在自然界往往有繁殖作用。叶的变态, 如豌豆的叶卷须, 狸藻的叶变为捕虫的囊, 许多旱生植物的叶变为刺状。



图 30 洋葱的鳞茎

植物营养器官的变态, 除了有的直接利用于生产以外, 还

可利用它来进行人工的营养繁殖。甘薯的变态根,马铃薯、荸荠、洋葱的变态茎,在栽培上已被广泛应用。

人们不仅利用变态器官的天然营养繁殖特性,而且早已从天然营养繁殖,认识到植物离体的部分器官,有“再生”出整个植株的特性,并把它加以发展,形成扦插(枝插,叶插)、分根、压条等人工的营养繁殖技术。用人工营养繁殖方法繁殖的后代或品种,在实践上叫做无性繁殖系,可以把个体有价值的变异稳定地保存下来,在果树、花卉方面应用极为广泛。许多果木品种、花卉品系,都是无性繁殖系。

嫁接是利用营养繁殖,来创造无性杂种或诱发变异,往往可培育出生产上很有价值的无性繁殖系。但是,嫁接所产生的变异,有时仅是砧木与接穗不同组织的嵌合体。例如,不同花色的月季嫁接,往往可见接口处的芽以后长出的花瓣上有两种颜色的条纹,有不同深浅的色泽。这种嵌合体变异,也要靠营养繁殖来保存。

随着技术水平的发展,以及关于激素对器官再生分化的作用的知识日益增多,从30年代开始,离体组织的培养得到很大发展,并在60年代进一步在离体的细胞培养上取得成功。这不仅在科学研究上为探索器官发生的道理创造了新的条件,同时,也为改造植物提供了新的武器。国内已广泛开展的作物单倍体花粉培养,就是一例。

### 三、生殖生长

被子植物从种子萌发到幼苗,经过一系列的生长发育,植株上形成花芽,进入生殖生长,开花、结实、产生种子,繁殖后代。花是被子植物的有性生殖器官。经过有性生殖,花的一定部位即形成果实和种子。在整个生殖生长过程中,光合作

用积累的物质,主要用于果实和种子的形成,所以要知道产量是怎样形成的,就要深入了解生殖生长的全过程。

## (一) 花的形态与构造

展现在眼前的各种植物的花,虽是万紫千红,形态多样,但是都可区分为花柄、花托、花被(花萼与花冠)、雄蕊群和雌蕊群等几个部分(图 31)。

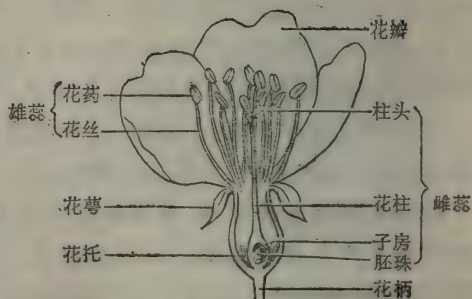


图 31 花的构造模式图

1. 花柄 是从茎上分生出来,连接花和茎的结构,内部构造基本上与茎相似,是输送营养到花里去的通道。

2. 花托 是花柄顶端膨大的部分,其上着生花的其他部分。

3. 花被 是花托上轮状着生的花萼与花冠的总称。花萼恒位在外轮,常由定数的萼片组成,萼片多呈绿色,结构与叶相似,有保护和营养的作用。花冠位于花萼的内轮,也多由定数的花瓣组成。靠昆虫传粉的虫媒花,花冠形态极为多样。在花瓣的薄壁细胞内含有花青素和杂色体,花瓣表皮细胞含有挥发性的芳香油,因此花常具色彩,并有香气。借风力和水流传粉的风媒花或水媒花,花被往往很简单,或者退化。

有些植物花柄基部节上,常有叶状苞片包被着花蕾。

4. 雄蕊群 在花被的内方常有多数雄蕊,总称为雄蕊群。雄蕊由花丝和花药两个部分组成,花丝细长呈柄状,主要



由薄壁组织构成,内有两根维管束。花丝顶端为囊状的花药,花药通常有两个室,四个花粉囊,花粉囊内产生大量的花粉。花粉成熟时花药裂开,散放出花粉。

5. 雌蕊群 雌蕊位于花的中央,外形上很象细颈大腹的瓶。基部膨大的部分叫做子房。细的颈部叫做花柱。顶端略膨大,或呈羽毛状突起的部分叫做柱头。柱头上往往有腺体,可以分泌有助于花粉萌发的物质。子房内部具有分隔或无分隔的空腔,叫做子房室。胚珠着生在子房室内侧壁上,该部位叫胎座。胚珠内有一个胚囊,胚囊内的卵受精后,胚珠即发育为种子,子房发育为果实。

构成雌蕊的基本单位,是可以在边缘上形成胚珠的叶状

物,这种构造称为心皮。由一个心皮构成的雌蕊(如豆类、桃、玉兰花、八角茴香等),叫单雌蕊。通常雌蕊是由多个心皮联合而成,如棉花、油菜、稻、麦,叫做复雌蕊(图 32, 33)。复雌蕊的心皮数目往往可借分离

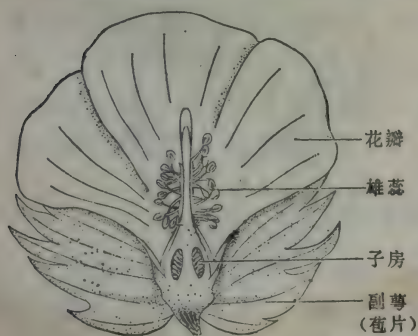


图 32 棉花的花的构造



图 33 棉花子房的横切面

的柱头(如水稻有 2 枚羽状柱头)，分离的花柱或者子房室的数目(如棉花有 4~5 个花柱和 4~5 个子房室)来判断。如果不具备这些特征,也可从子房内有几个胎座来判断(例如瓜类有 3 个胎座)。

禾谷类作物多属风媒花,它的颖花结构比较特殊(图34)。单个颖花,有硬壳质或膜质外颖、内颖(也叫外稃和内稃)和护颖。内颖和外颖在开花前后都关闭,只开花时开放一会儿,内外颖的里面有 3~6 枚雄蕊,中央的雌蕊具 2~3 个羽毛状花柱(是 2~3 心皮的复雌蕊),雌蕊的基部内颖和外颖之间,有两个腺体突起物,叫做鳞被(或浆片),开花时鳞被膨大,撑开



图 34 水稻花的构造

两个颖片,雄蕊伸出,散布花粉。

植物茎枝上,有时花是单个的生于枝端或叶腋,但经常是许多花密集地着生在花轴分枝上,这种花枝叫做花序。花序的形状虽极多样,但总的可分两类,一类相当于单轴分枝,花序的顶端生长锥不断地分化出腋芽,这种腋芽都是花芽,开花也是按自基部向顶端的顺序,从下而上陆续开放,这叫总状花序。另一类相当于合轴分枝,花轴顶端先生一花,然后下面的侧芽再分化为花,如此沿自顶向基的方向,陆续形成其他的花,这叫聚伞花序。一般栽培作物多为总状花序。

植物的花,如雌蕊和雄蕊同在时,叫两性花;仅有一种叫单性花。如果两性花中雄蕊不能形成有生殖力的花粉,叫做雄蕊不育。如果单性的雄花和雌花,都生在同一株上叫做雌雄同株,生在不同的植株上(分为雄株和雌株)则叫雌雄异株,同一植株上既有单性花又有两性花叫做花杂生。这些不同的情况,都与植物的有性繁殖特性有关。

## (二) 有性生殖过程

有性生殖过程包括三个阶段。第一,配子形成的阶段,即花粉囊内的花粉形成和成熟,产生雄性精子;胚珠内的胚囊发育成熟,产生卵。第二,开花授粉的阶段,花粉传布到柱头上,萌发产生花粉管,穿过花柱,进入胚珠里的胚囊。第三,双受精的阶段,从到达胚珠里的花粉管内,放出两个精子,一个精子与胚囊里的卵结合形成合子,将来发育成胚胎,另一个精子与胚囊的二个极核结合形成初生胚乳(又叫受精极核),将来发展为胚乳。这就是“双受精现象”,是被子植物所特有的。

1. 花粉粒的形成 雄蕊顶端的花药,一般都有4个花粉囊,每个花粉囊的内部,先是充满着一些孢原组织,以后各个

细胞分离开来，成为单个的花粉母细胞(又叫小孢子母细胞)(图 35)。每个花粉母细胞经过减数分裂(图 36)，产生 4 个单核花粉(又叫小孢子)，来源于同一个花粉母细胞的 4 个单核花粉，开始联在一起(称为四分体)，后来才分开。

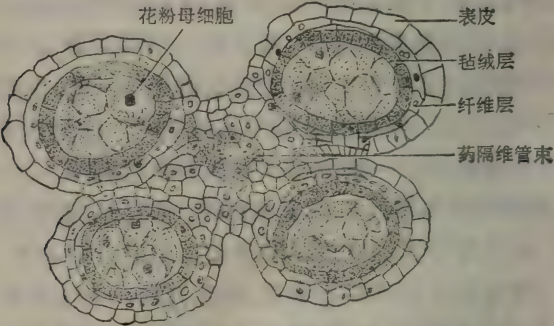


图 35 水稻花药横切面

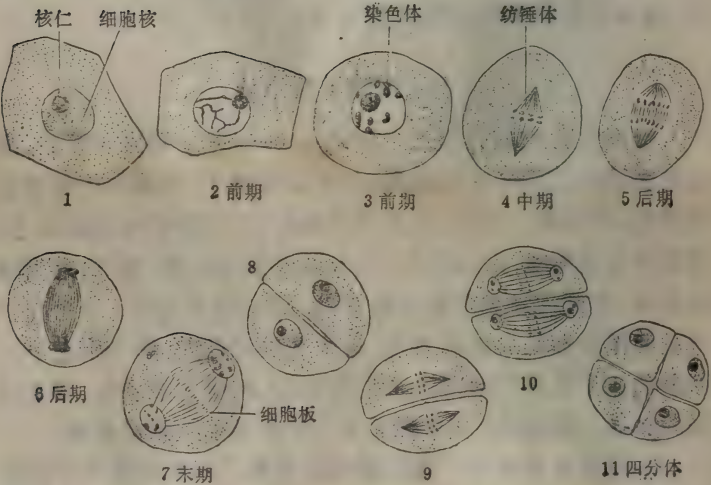


图 36 水稻花粉母细胞的减数分裂过程



从花粉母细胞开始到形成单核的花粉，是孢子形成的阶段，这是为有性生殖作准备的环节，其中最关键的一环是减数分裂。

什么是减数分裂？减数分裂有什么重要性？减数分裂包含两次连续的分裂，在第一次核分裂时，染色体数目发生减半，从  $2n$  减为  $n$ 。因此经过减数分裂产生的 4 个小孢子的染色体数仅是孢子母细胞的一半。核的染色体数目的减半，叫做核相变化，即从含  $2n$  数的双相核(双倍体)，变为  $n$  数的单相核(单倍体)。单倍体的小孢子也叫做单核花粉。

单核花粉在花粉囊内，还要再分裂一次，这次仍旧是一般的有丝分裂，但产生的两个子细胞形态与功能却不同。一个是球形的营养细胞(又叫管细胞)，另一个是包含在营养细胞原生质内小的纺锤形生殖细胞。有些植物(如稻、麦)的花粉，在散出前，生殖细胞已分裂成两个精子(图 37)。具有 2~3 细胞

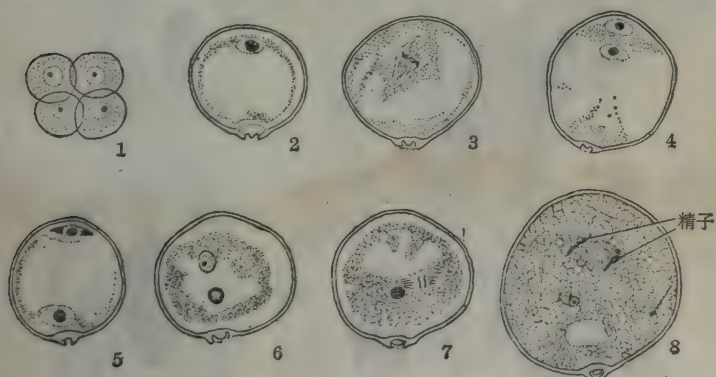


图 37 水稻花粉的发育

1. 花粉粒 2. 细胞核向萌发孔对侧移动 3. 第一次细胞核分裂
4. 产生二个核 5. 营养核位于萌发孔一侧，生殖核位于纺锤形的细胞质内
6. 营养核和生殖核互相接近 7. 生殖核分裂后期出现淀粉粒
8. 产生两个精子

的花粉,也叫做“雄配子体”,精子则是“雄性配子”。它们的核相全都是单倍体。

2. 胚囊的形成 胚囊是从胚珠内发生的,胚珠可分为珠柄、内珠被、外珠被、珠心和胚囊,珠被未闭合的小孔叫做珠孔,和珠孔相对的另一端,珠心与珠被的界线不清,称做合点。胚囊常位于珠心的珠孔端。

胚囊的形成过程,也有一个产生孢子的阶段(图 38)。首先,在近珠孔的珠心组织里出现一个大形的“孢原细胞”,这个



图 38 胚珠发育

孢原细胞分裂一次,产生内外两个细胞,靠内方的一个细胞长大,即成为胚囊母细胞(也叫大孢子母细胞),双倍体的胚囊母细胞经过减数分裂,形成一系列4个单倍体的“大孢子”,靠近珠孔的3个大孢子逐渐萎缩,只有最内侧的一个大孢子长大形成胚囊。大孢子的核进行三次核分裂,形成具有8个单倍体核的大型囊状结构,这就是发育成熟的胚囊。胚囊内8个核,3个分布在靠近合点的一端,叫做反足细胞;另3个分布在靠近珠孔的一端,其中一个位于中央较大的是卵细胞,两个位于卵细胞外方的是助细胞;另两个游离核位于胚囊的中部叫做极核(图39)。有些植物的胚囊,在未受精前,两个极核先溶合成一个次生极核( $2n$ ),胚囊中的卵是单倍体的“雌性配子”,整个胚囊即产生雌配子的“雌配子体”。这种8核的成熟胚囊,是被子植物中最普遍的形成方式。

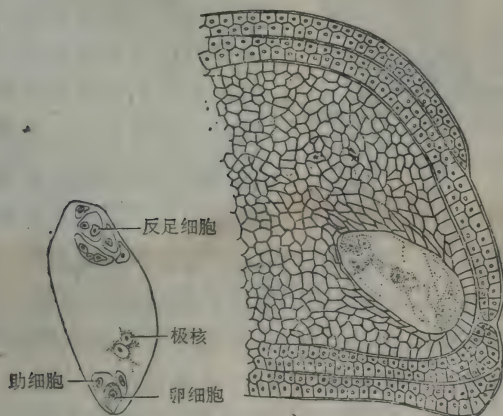


图 39 水稻的胚囊

3. 开花与授粉 花蕾中雄蕊的花粉和雌蕊的胚囊发育成熟,已是待时而开了。各种植物开花与气候变化有关,因

此都有它一定的季节性。许多植物还有每天定时开花的习性。为了进行有性杂交,应了解作物品种的开花的习性。如棉花是每天上午8时以后到中午以前开放。水稻每天开花时间,在广东从上午7时到下午4时,盛开时间为上午10时到12时;在北京开花从上午10时到下午4时,盛开在下午2~3时,每朵颖花从始开到全闭,约为一小时。

花的开放,一般是感温或感光的运动,所以,在低温突临或连绵阴雨的情况下,作物的花往往不能及时开放,对结实造成不利的影响。

花开以后,成熟的花药裂开(图40),花粉即通过各种传粉的媒介(风、昆虫、水流等),传送到雌蕊的柱头上,这叫做授粉。

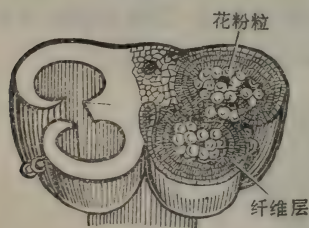


图40 成熟花药

粉。传粉有两种方式,自花授粉是两性花内的雄蕊花粉,散布到自花的雌蕊柱头上。自花授粉也包括闭花授粉(如大麦和花生的不开放的闭花授粉)。但在一般情况下,多数植物种类,都是异花授粉,要靠风力或

昆虫将花粉携带到异株或他花的柱头上。因此不同的植物在花的形态构造上,与授粉方式或授粉昆虫体态习性,存在着相互的适应,这是长期进化历史中自然选择的结果。

异花授粉的植物,还有些是雄蕊与雌蕊的成熟期不相同,或者是雌蕊的花柱远远伸出花外,比雄蕊花丝长些,还有些植物的雌蕊柱头,对来自异花或自花的花粉,有生理的选择性。自花花粉萌发不良;他花花粉则可以萌发得很好。在作物杂交育种上,为了防止自花授粉的禾谷类作物进行自花授粉,往往采取温汤去雄或造成生理上的雄性不育的方法。为了提高



杂交亲本异花授粉的效果，有时也采用人工混合授粉的方法，即将已失去生活力的自花花粉与生活力强的他花花粉混合，再散布到柱头上。

花粉在柱头上萌发，第一步是吸收柱头表面湿润的水分，然后从萌发孔向外突出花粉管，花粉管延伸穿过花柱、胎座，到达珠孔，在这一过程中，花粉粒内的原生质、营养核和生殖核，都移到花粉管的最前端，如果生殖核在这以前还未形成两个精子，这时就在花粉管内分裂，产生两个不会游动的精子（图 41）。

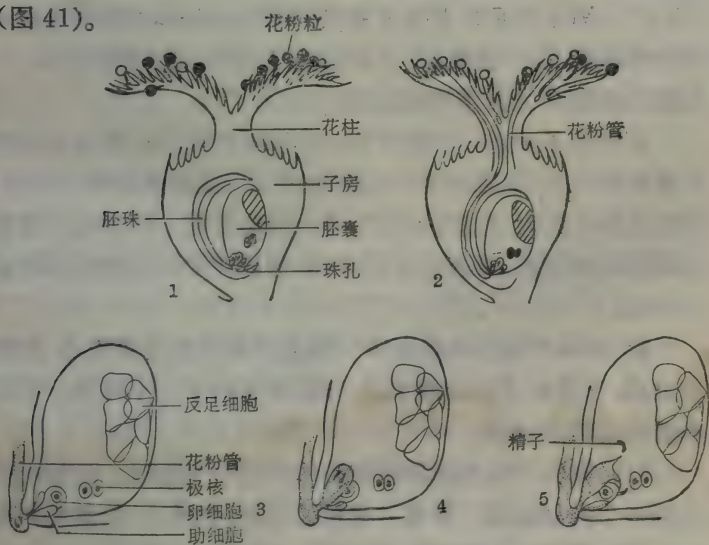


图 41 小麦的授粉和受精

1. 花粉粒在柱头上萌发
2. 授粉后数小时的雌蕊
3. 花粉管到达珠孔处
4. 花粉管的先端进入胚囊
5. 花粉管先端破裂，两个精子释放出来

**4. 双受精** 花粉管通过珠孔，进入胚囊，花粉管的顶端破裂，把它的内含物放入胚囊，其中两个精子，一个与卵融合

(配子配合),形成受精卵也叫做“合子”,另一个精子与两个极核(或者是已融合为一个的次生极核)融合(三核并合)。这一过程就是被子植物所特有的双受精。

在条件有利时,从授粉到受精,一般很快,如水稻只要1.5~4小时就可完成整个授粉受精过程,棉花的花粉从柱头到子房要8小时,完成受精的过程约要20~24小时。

在胚囊中经过双受精,新出现了两种核相的细胞。一个是由单倍体精子和单倍体的卵融合所形成的双倍体核相的“合子”。另一个是由单倍体精子和两个单倍体极核融合形成的三倍体的“初生胚乳核”。以后合子发育为种子中的胚,初生胚乳核发育为种子中的胚乳。

双受精不仅是一个精子和一个卵子的结合,而且有精子与极核的结合,并且胚乳又再被合子所形成的胚吸收。这样,子代变异性更大,生活力更强,适应性也更宽。所以被子植物比其他植物类群,具有极多的种类,也更能适应各种各样的复杂环境。

5. 影响有性生殖的条件 雌蕊在顺利地完 成授粉和受精以后,子房就发育为果实,胚珠发育为种子。下面讲一下影响授粉受精的条件。

(1) 花粉在雌蕊的授粉和受精过程中的作用,是起决定性的一个内部原因。通常,花粉的来源、生活力、数量对异花或常异花授粉\*植物的生殖过程影响很大。来自同种异株或异花的花粉,在柱头上萌发力量强;自花花粉萌发力弱,或者不萌发;异种植物的花粉,一般不能萌发,即或萌发,花粉管生长也不正常,不能到达子房。花粉的生活力,是很容易丧失的。人工杂交时,要用新鲜的生活力强的花粉来授粉。如果

\* 常异花授粉,是可以自花授粉,但更经常为异花授粉的植物。

杂交的亲本花期不同,最好先采取措施让花期接近,万不得已时,可应用适当的方法保存和延长花粉生活力。一般双子叶植物花粉的生活力,在干燥低温的条件下,可维持较久。单子叶禾谷类的花粉,则可保存在适宜的湿润空气中,不过维持时间甚短。柱头上承受的花粉粒数量愈多,花粉萌发和花粉管生长也愈好愈快。因为花粉数量多,带到柱头上的生长素、维生素、淀粉酶、转化酶也多,促进了花粉萌发,增强了花柱组织中贮存物质转化,可使生长着的花粉管获得更多的营养物质。这些也是采用人工混合授粉,能够提高结实率的道理。

(2) 环境条件,特别是温度、水分和光照,对授粉受精的影响也十分突出。温度直接影响花粉粒的萌发,也影响花粉的生活力。例如棉花的花粉萌发不能超过  $35^{\circ}\text{C}$  或低于  $18^{\circ}\text{C}$ ; 水稻的花粉萌发适温是  $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ , 所以谷类作物品种杂交,可采用温汤( $40\sim 50^{\circ}\text{C}$ )去雄。日平均温度低于  $20^{\circ}\text{C}$ , 水稻授粉受精受到明显的抑制,双季后作稻的“翘穗头”,往往是花期碰到了低温; 小麦开花期需要较高气温,所以农谚说“麦在火里秀”。开花时遇到连绵的阴雨天,花粉会强烈吸水破裂死亡,同时水分稀释或冲洗掉柱头所分泌的糖类和其他有机物质,这对花粉的萌发,花粉管的生长都很不利。但干燥的气候对许多谷类作物授粉也不利,例如水稻扬花时如果空气相对湿度低于 70%, 会出现大量的空秕粒,农谚说“禾怕午时风”,是因为在高温下风大,空气干燥,不利于水稻授粉受精。光照不足也会延迟花粉粒的发育,降低花粉的萌发率。自然气候因素的不利影响,有时虽不可避免,但人定可以胜天。上海马桥公社的贫下中农,通过反复观察,发现早稻结实率不高,主要是因为田间空气相对湿度低,影响授粉,因而在水稻扬花时,采取以水调湿,以水增湿的措施,稻谷空秕率从 30% 降低到

20% 左右,产量从亩产 927 斤提高到 1160 斤。

### (三) 种子的形成

种子的形成包含着胚乳的形成、胚的发育以及珠被转变为种皮。

1. 胚乳的形成 受精后的胚乳核开始分裂,总是比合子早一步。例如,棉花的胚乳核在受精后 24~34 小时开始第一次分裂,而合子要 4 天以后才开始第一次分裂。合子开始分裂的时候,胚乳核已经多次分裂,具有 100~200 个游离核。水稻胚乳核在受精后不到半小时开始分裂,合子要 6 小时以后才开始分裂。

胚乳的形成一般有两种形式,一类叫核型的胚乳形成,即胚乳核先进行多次分裂,形成许多没有细胞壁的胚乳核,游离在胚囊中的原生质里,要到较晚阶段,才在游离核之间产生细胞壁,构成胚乳细胞。棉花、油菜、水稻、小麦、玉米都属于这个类型(图 42)。另一类叫做细胞型的胚乳形成,即从胚乳核第一次分裂开始,就立即产生被新的细胞壁隔开的两个细胞,胚囊内不存在游离的胚乳核。烟草、芝麻、番茄属于这个类型。通常胚乳核的分裂是有丝分裂,但也有少数胚乳核是无丝分裂。被子植物胚乳形成中出现非细胞的结构形态和无丝分裂方式,是高等植物起源于低等植物、从低级向高级进化的胚胎学证据之一。

胚乳在形成细胞以后,即开始积累营养物质。例如,水稻开花后第五天,在胚乳细胞中即看到淀粉粒的形成,双季早稻开花后,从第 4~12 天之内,籽粒干物质重增加最快,到 16 天干重已达成熟籽粒干重的 85% 以上。双季后作稻到第 14 天,干重达 75% 左右。谷粒胚乳的发育,决定着谷物籽粒的



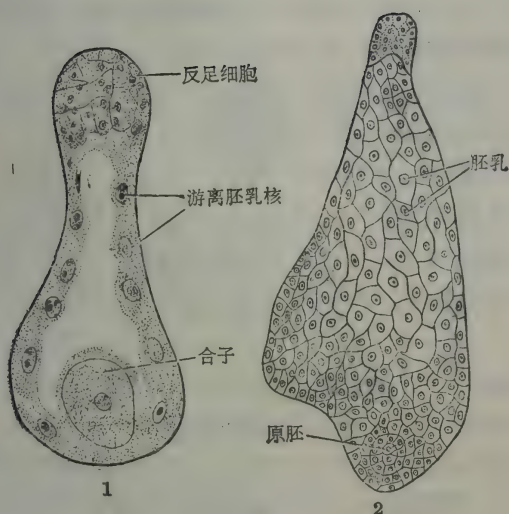


图 42 玉米胚乳的发育

1. 受精后12小时的状态 2. 受精后36小时的状态

重量与质量。当胚乳细胞完成了物质积累，胚的各部分也分化完全时，胚乳细胞核逐渐解体。“无胚乳”种子的胚乳养分转移到胚的子叶内。

2. 胚的发育 卵核在胚囊内受精后，立即产生细胞膜，成为受精卵细胞，也叫合子。双倍体的合子，通常要经过一段或短或长的休眠期，在胚乳核开始分裂后不久，合子也开始分裂。从合子分裂开始到成为成熟的幼胚为止所发生的变化，叫做胚的发育。

从一个合子细胞，发育为在外形上具有胚根、胚茎、胚芽和子叶的幼胚，又在以后分化为具有表皮、皮层和中柱等复杂结构的幼植物体的过程，在不同的植物种之间，表现出很大的一致性。

例如大豆、棉花、油菜等双子叶植物, 胚的发育都可看到以下几个阶段(图 43):

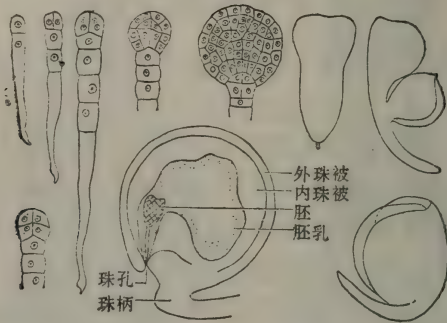


图 43 油菜胚的发育

(1) 合子横裂, 分成两个, 靠近珠孔的一个叫柄细胞, 在柄细胞上面的是胚细胞。

(2) 顶部胚细胞两次纵裂, 形成 4 个细胞的原胚, 柄细胞仍是横裂, 形成几个细胞的胚柄, 胚柄基部为一个大型泡状的基细胞, 类似吸器, 从珠心组织吸取营养。

(3) 4 细胞原胚各细胞横裂, 成为 8 细胞的原胚, 它上面的 4 个细胞, 将来发育为子叶和胚芽; 下面 4 个发育为胚轴。

(4) 8 细胞原胚的每个细胞, 沿与表面平行的方向 (平周) 分裂一次, 成为区分为外层和内层的 16 个细胞的球状胚体, 外层将来分化为胚的表皮, 内层分化为构成胚体的分生组织, 以后可分化为皮层和中柱。

(5) 胚柄与胚球相连处, 柄顶端的一个细胞, 经过多次分裂, 发展为胚根。

(6) 球胚继续分裂增长, 由于各部分速度不同, 先形成心形的胚体, 分化出两枚子叶和子叶之间的胚芽。心形胚继续

生长,逐步变为成熟胚的形态。

单子叶植物如水稻、小麦的胚发育过程,从4细胞原胚以后,与双子叶植物有所不同。主要是4细胞原胚继续分裂,先形成盾片(内子叶)和胚芽鞘;然后才在内子叶的对侧,发生凹缢,从凹缢的下侧,发生胚芽和第一枚尖叶。单子叶胚柄的顶端细胞,将来分化出胚根鞘、根冠、胚根和不发育的外子叶。

随着胚的发育,整个胚珠相应长大,珠被发育为保护胚的种皮,珠心组织则在胚和胚乳形成过程中,被吸收而消失,这时种子已经形成。

恩格斯在《反杜林论》中曾指出,对植物和动物胚胎发育的研究,发现了“有机体的胚胎向成熟的有机体的逐步发育同植物和动物在地球历史上相继出现的次序之间有特殊的吻合。正是这种吻合为进化论提供了最可靠的根据”。关于植物胚胎的知识,既帮助我们正确认识世界,也是改造植物的一个工具。例如,作物栽培的后期管理,主要目的是增粒,增重,改进种子品质。这就存在一个栽培措施对籽粒内部胚乳形成过程和胚的发育究竟是怎样起作用的问题。在杂交育种工作中,杂交后有的成功,有的失败,这可能与胚胎是否能正常发育有关,也可能与其他原因有关。只有知道了确实原因,才能采取适当措施,使失败转为成功。在农药和激素使用上,也经常存在与种子形成、种子品质有关的一些问题,需要从胚胎的角度来做工作。

3. 多胚现象 一般在种子里都只有一个胚。但也会发现有的植物种子里不止一个胚。例如柑桔种子,常有4~5个胚,甚至13个能够成活的胚,存在于一个种子里。这叫做多胚现象。

胚囊中总是只有一个卵核,为什么会出现多个幼胚?现

在知道这两种可能性。

(1) 有性的多胚(又叫复融合多胚): 因为偶尔在花粉管中不止 2 个精子, 而是 3 个或者 4 个, 同时进入胚囊, 使胚囊中出现额外的精子, 可能发生两种异常情况, 一个是多精入卵, 好几个精子与卵核结合, 这就会形成一个天然的多倍体的胚胎( $3n, 4n, 5n$  等); 另一种情况是不仅卵核与精子融合, 而且卵器的两个助细胞也可与精子融合受精, 这就叫复融合, 复融合会产生不止一个胚胎。

(2) 无性的多胚(又叫无融合多胚): 胚囊内的卵细胞、助细胞、反足细胞, 或者珠心组织的细胞, 在受到一定刺激因素的作用后, 虽不经过受精, 也可开始分裂, 发育成为胚胎。这种胚不经过有性的配子融合的生殖, 叫无融合生殖。实际上是胚囊或者胚珠里的一种无性营养生殖现象。这种无融合生殖所形成的胚, 可能起源于不同的核相的细胞, 有的是单倍体(如卵, 或胚囊的其他细胞起源), 也可能是双倍体(如孢子母细胞, 珠心组织的细胞起源)。柑桔种子的多胚就是从胚囊外的珠心组织细胞起源。被子植物的无融合生殖相当普遍, 十多年前有人统计过, 有 68 个科, 200 个属。在禾本科中就有 20 个属有这种现象。

人们发现多倍体和多胚的现象, 又用了很大力气去追究这种现象产生的原因, 这不是由于好奇, 而是因为偶然性中包含着必然。认识了这种必然, 人就得到更大的自由。实践证明, 多倍体在生产利用上往往比双倍体好。于是有意识地创造多倍体植物, 三倍体无籽西瓜, 即是一例。无融合生殖多胚在生产应用上给人们以很大的启发, 即不经过受精, 植物组织或细胞在一定刺激下, 如果条件恰当, 也可形成胚胎。这为人们创造新的植物种类, 开辟了一条广阔道路。比较突出的



反映在通过离体组织培养和离体细胞培养，使花粉的单倍体育种，单倍体花粉的无性杂交，有了很大的发展。例如，有人利用甘蔗、甜菜、马铃薯等的生长点细胞的组织培养，培育出抗病高产的品种。还有人将两种烟草的叶肉细胞，用纤维素酶来溶掉它们的细胞壁，得到游离的原生质体，再使两个原生质体相互融合（两个无性的双倍体细胞融合），成为双二倍体（ $4n$ ）的细胞，再使这个细胞杂种增殖分化，形成完整的植株。这就是人们利用无融合生殖原理，在创造新的物种工作中，作出的一些初步成果。

## 四、个体的生长发育

一株稻的生命是从母体上产生它的受精卵开始的，在种子成熟后结束。一般地说，一次结实的植物，个体的生活史，是从种子到种子的全过程，也叫做个体发育。

种的代代相传，延绵不绝，是因为一代接着一代，一个“个体发育”扣着另一个“个体发育”，不断地发展下去。这个由一系列的个体发育环节所构成的物种发展历史（链条），就称做种的“系统发育”。

我们认识植物，是为了更好地改造和利用植物。这就要求不仅认识植物的各个部分，也要认识其整体；不仅认识它们的现况，更要认识它们的过去历史。这里，让我们先从个体发育的全过程，来谈谈有哪些规律性的东西。

### （一）生长和发育

生长和发育是个体生活历史中的两种不同的生活现象。

生长是个体或者它的器官从小到大，从少到多，从轻到重的数量增长过程。贫下中农把长根、分枝、生叶，叫做长身架；

把座果、长实、结籽，叫长籽实。并把这些器官生长的综合表现叫做长势和长相。

发育是个体生活中新器官产生和形成的过程。一般从可见的变化来说，主要是指从营养的茎尖，产生花果所经历的变化。所以贫下中农把稻株上孕穗，棉花上现蕾，都称为“发”。他们常说的“促早发”，是指促进花或穗的提早形成；“促旺发”是指促进多花，大穗。

生长和发育这两种生活现象对外界条件的要求往往很不一样。例如，将冬麦春播，它因得不到发育所需要的低温，会只长茎叶而不抽穗；越冬的油菜，如果营养条件太坏，就会早花，成为“一根葱”，缺乏适当的生长。

生产上把不利于发育的过旺生长，叫做“疯长”，“贪青”；把不利于生长的过早发育，叫做“逼熟”，“早衰”。因此，在从种到收的全过程中，必须重视协调生长与发育的相互关系，贫下中农把他们栽培管理上的丰富实践经验集中起来，归纳为“壮苗，早发，稳长，早熟，高产”。这既符合植物生长发育的客观规律，又充分发挥了人的能动作用。

但是，要做到早发、稳长、早熟，首先要了解植物生长发育各需要的是什么条件，哪些条件是相同的，又有哪些条件是不同的。这就只有在结实器官的形成过程中，来分析比较各种条件所起的作用。为此，先介绍一些关于结实器官发生的知识。

## （二）花的形态发生

花是从茎尖发生的。当茎尖处于营养生长时，只分化出枝和叶，转入生殖生长，则形成花序和花。要了解花的发生情况，可在植株不同生育时期剥取茎尖生长锥，放在解剖镜下进

行观察。许多农作物,象水稻、小麦、油菜,都是多花集生在花轴(花序)或穗轴(花穗)上,它们的花器官的形态发生,包含着花序的分化和花的分化。

1. 油菜的花和花序分化 油菜是秋播越冬两年生作物。在正常情况下,营养苗在 80 多天后就转入生殖生长,茎尖生长锥开始花序和花的分化。

油菜是复总状花序,主茎上部着生花的轴部,叫做主花序。主花序上既着生许多有柄的花,又有一些侧生的分枝花序。主茎上的侧生花序,叫做 I 级分枝, I 级分枝上再分枝,叫 II 级分枝,有时在 II 级分枝上,还可产生 III 级分枝。

当油菜转入生殖生长,主茎的茎尖生长锥顶端形态从半圆形变为比较平坦,并且在平坦的生长锥周缘,出现一些花原始体小的突起。这标志着生殖生长开始。

由于油菜茎尖的花原始体(花原基)发生于茎尖的周缘,所以茎尖的顶端仍可继续向前生长,并在已形成的花原基的上面,陆续形成新的花原基,或者形成花序 I 级分枝的侧芽。如此,从基向顶,主茎上部可不断地形成花蕾和 I 级分枝,在 I 级分枝上,也同样地进行着花原基和 II 级分枝的分化,不过时间上开始得比主花序迟一些。油菜总状花序的生长和花的形成,虽然可以持续地进行,但过迟出现的花蕾和分枝,在收割前都不能结荚成熟,农民叫它“老鼠尾巴”。产量主要由主花序和 I 级分枝上的早生的花所决定。

花序分枝上的花原基,转变为花,一般要经历花萼形成阶段,雌雄蕊形成阶段,花瓣形成阶段及花药和胚珠形成阶段(图 44)。

从已膨大的花原基的外围,先产生四个新月形的花萼突起,这时花原基的下部花柄伸长,花原基继续增大,花萼突起也

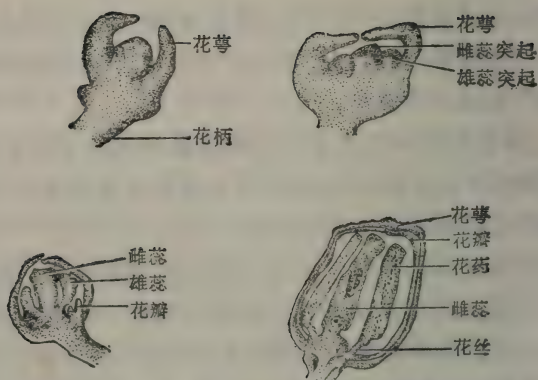


图 44 油菜的花芽分化过程

逐渐拉长和分开,这时从侧面看花原基呈山字形,当花萼在顶部互相接触,包围了花原基顶端时,原基的顶端中央出现一个较大的雌蕊突起,接着在雌蕊突起与花萼之间的基部内侧,出现四个小的雄蕊突起,在雌蕊突起逐渐长大,雄蕊还未迅速伸长之前,有两个雄蕊突出的顶端,各纵裂为两,形成油菜花中四个较高的雄蕊(四强雄蕊),而另两个雄蕊则长得较矮。当雄蕊和雌蕊突起略为伸长时,在雄蕊与花萼之间出现舌状的四个花瓣突起。最后,进入雌雄蕊的发育,雌蕊子房膨大,生出胚珠,雄蕊的花药与花粉也逐渐形成,花完成分化和发育,成为待开的花蕾。

油菜主花序上花形成开始的时间早晚,花蕾数的多少,特别是主花序和 I 级分枝上花蕾数量,以及所占总花蕾数的比例大小,对产量的影响很大。但即使花分化的基础很好,分化早,花蕾多,如果生产上前紧后松,管理措施(春肥,排水,防病)没有抓紧跟上,植株虽已早发,却会“早衰”,产量也不能提高。



2. 水稻的花和穗分化 稻穗为圆锥花序, 穗的中轴叫主梗, 梗上有穗节, 节上生第一次枝梗, 由此再分生第二次枝梗, 在枝梗上分生出小穗梗, 小穗梗末端分化出小穗。稻的小穗一般只一朵花(麦是 2~3 花)。穗节处, 穗梗的基部有苞, 苞片着生处都有白色浓密的苞毛。稻穗的节数多, 枝梗也多, 特别是第二次枝梗多, 则粒多穗大。

稻穗的分化, 一般结合栽培管理实践, 分为以下 8 个时期(图 45)。

(1) 第一苞分化期。稻穗开始分化, 先在茎尖的顶端生长锥上出现第一苞原基, 随着苞原基长大, 生长锥也明显膨大, 并出现明显的横纹。

(2) 第一次枝梗原基分化。在第一苞的突起横纹上部, 再出现第一次枝梗突起。当苞上出现白色的苞毛时, 为一次枝梗分化的终止。

(3) 第二次枝梗原基及颖花原基分化。由第一个第一次枝梗原基下部, 分化出苞叶, 再由苞叶的腋部出现第二次枝梗原基, 同时沿向顶顺序, 分化出在第一次枝梗上的颖花原基。当第二次枝梗原基适当长大时, 它上面也还是按向顶顺序开始花原基的分化, 在每个第二次枝梗和颖花原基的下部, 再长出苞和苞毛, 完全覆被着幼穗。所以要分别剥取出来, 才能进行观察。

由于枝梗和颖花分化是按向顶的顺序进行, 所以处在不同位置上原基分化的程度不一, 一般以上部第一次枝梗的花原基已出现副护颖、护颖、内外颖原基, 尚未出现雌雄蕊原基, 为这个阶段的终止期。

(4) 雄雌蕊形成期。从第一次枝梗上颖花原基中出现雄蕊和雌蕊突起(原基)开始, 到花药中还未出现花粉母细胞为

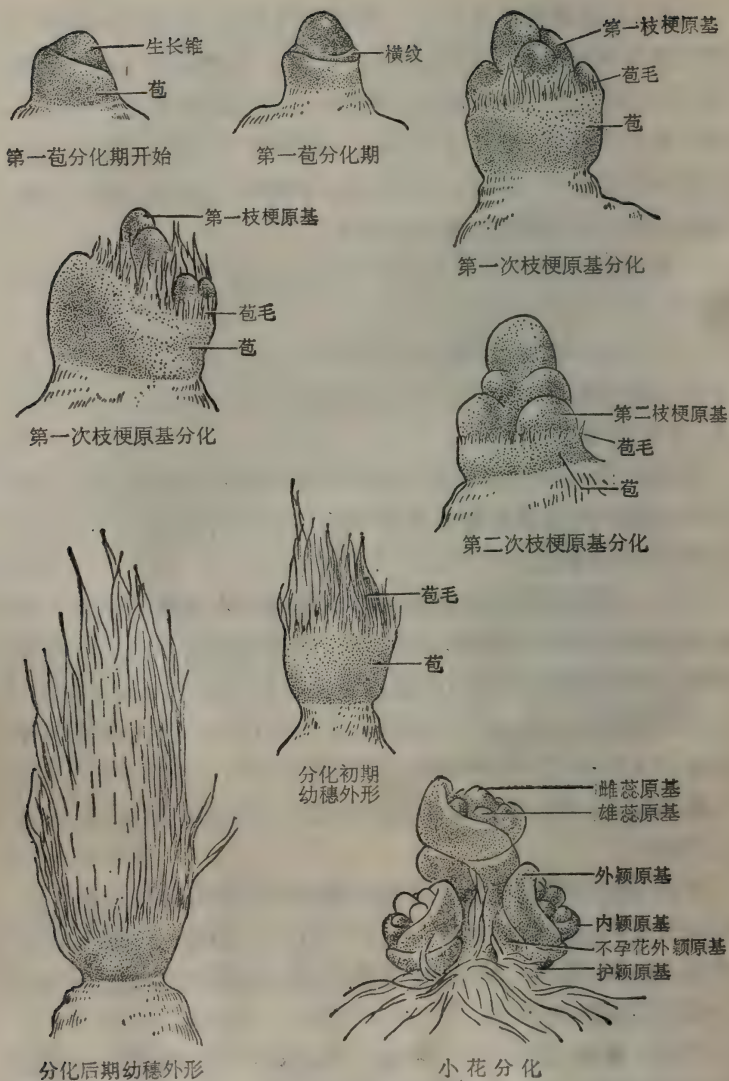


图 45 水稻幼穗分化

止。在这个时期，穗轴，枝梗，小穗梗都显著地伸长，幼穗长约3~4毫米，穗上分化的颖花数已经定局。

(5) 花粉母细胞形成期。当幼穗中颖花长度已达0.1~0.4厘米时，顶端出现绿色，此时将花药进行检查，即可见其中已有花粉母细胞出现。这一时期，幼穗长达20余毫米，从颖花形态上看，各部分都已分化完成，雄蕊已有4室的花药，仅花丝还未伸长，雌蕊上也有了柱头突起。

(6) 花粉母细胞减数分裂期。这时幼穗长达5~6厘米，颖花长度也差不多为发育完全时的1/2，花药呈现黄色，花柱头上出现许多乳状小突起。镜检花粉母细胞，可见减数分裂图象和四分体(图36)。

(7) 花粉充实期。可见花粉囊中四分体分开，形成单核花粉粒，这时颖花内外颖硅质化，变硬，变绿，副护颖退化。雄蕊、雌蕊迅速增大，柱头上出现羽毛状突起。

(8) 花粉成熟期。这时花粉已十分充实，内部生殖核和营养核正在分裂，在外形上稻穗已临近抽出顶叶鞘。

稻穗上的小穗(即颖花)发育进度，总是顶部的进展最快，下部最慢。所以一般进行田间检查，常以中部的小穗发育程度，作为大田的发育状况。在查田看苗时，除了用显微镜或解剖镜检视幼穗外，还可根据幼穗发育与其他器官的形态变化的相关性，进行估测稻的发育情况，常用的一些方法如下：

(1) 根据拔节期推算。这要先进行实际的调查，因各地区、各品种之间有差异。一般来说，早稻的生殖生长分化在拔节期稍前一点；中稻与拔节期一致；单季晚稻则在拔节后10~15天。

(2) 根据剑叶与下一叶的叶枕距推算。在两叶的叶枕齐平时为0，剑叶在下时为负值，在上时为正值。例如我国有人

测过选粘 305 品种,在叶枕距为 $-3.2$ 厘米时,正是花粉母细胞减数分裂期。

(3) 根据幼穗的长度推算。这在不同品种、穗位和个体间差异较大。一般幼穗在枝梗原基形成期约  $0.3\sim 1$  毫米;颖花分化期为  $1\sim 2$  毫米;花粉母细胞分裂期为  $10\sim 11$  厘米(约为成熟穗长的  $1/2$ )。

(4) 根据抽穗期推算。一般生长点开始分化约在出穗前 30 天左右(早熟品种较早,晚熟的较迟);花粉母细胞分裂在出穗前  $10\sim 12$  天。

总之,利用器官形态的相关性,来估测稻株发育,一定要先经过实际的调查,不能搬来照用。只有这样,才能使促控措施用在刀口上。

### (三) 个体发育的规律性

我国劳动人民很早就认识了作物开花结实和生长环境中的某些条件变化有关。例如,北方冬麦春播不会抽穗,为了使它能抽穗,创造了冻麦的方法,把萌动的麦种,放在土罐里,埋在露地或吊在井里,让它冻一段时间。这种古代冻麦催花和现在的低温春化,都是根据同一个道理,即冬麦的发育或者冬麦的花分化,预先要在苗期先经历一段时间的低温。古时的花衣,早已利用在傍晚和清晨,将菊花苗遮光,缩短光照时间,使秋菊提早开花。

1. 光对个体发育的影响 昼夜长短的周期变化对植物开花影响,有三类情况。第一类是“短日植物”,开花前要求先经过一定的长夜(每天光照少于 8 小时的短日),如菊花、大豆和晚稻。第二类是“长日植物”,开花前要经过一定的长日(每天光照超过  $12\sim 14$  小时),如越冬的小熟作物(夏熟作物)冬



麦、菠菜、萝卜、油菜等。第三类对昼夜长短变化无所谓的“中性植物”。植物形成花的过程与某个时期内光照长短变化的联系，叫做光周期现象。植物感受光影响的时期，叫做感光期。产生光周期现象的感光部位是叶子，特别是刚刚展开的幼叶。引起叶子感应的条件是黑暗时间的长短。这两点都有可重复的实验证明。例如，将一株已开花的短日植物的幼叶，嫁接到处在长日下不能开花的同种植物的顶芽下侧，虽然这株植物仍旧在长日下，由于嫁接的幼叶是已完成光周期的，它可诱导顶芽分化为花。短日植物顶芽的花分化，缩短白天日照时间可以提前。但是，在半夜里极短时间的照明，即使光很弱，也会破坏短日光周期反应，不能开花。如果把长日植物置于短日的条件下，在半夜里给以短暂的照明，却可完成长日反应，抽穗开花。

以上的实验说明，光周期感应部位虽然是叶子，但和白天的光合作用无关，不受光强度的影响。以后知道，光质是有影响的，红光和红外光有不同的效果，红光抑制短日植物开花，促进长日植物开花；红外光可使上述反应逆转。感受红光与红外光的物质，已被发现是叶内的一种色素蛋白，叫做“植物光敏色素”。

有人认为，光周期反应是叶子的光敏色素感应了红光或红外光，引起生理变化，产生“开花激素”；开花激素由叶子里输送到茎尖生长锥，才使茎尖从营养生长转入生殖生长，变成长花的顶端。虽然这种设想的开花激素尚未分离出来，但有一些已知的生长激素，如萘乙酸(N.A.A.)、吲哚乙酸(I.A.A.)，可抑制处在短日条件下的短日植物开花；植物生长素如赤霉素( $G.A_3$ )，则可使处在短日条件的长日植物开花；激动素和高层酸(一种引起落叶的激素)，可使短日植物在长日条件下开

花。因此,可以设想光周期现象是受植物激素调节的,但不只是一种激素在起作用。这还有待人们进一步去认识。

**2. 温度对个体发育的影响** 许多一年生和二年生的作物,在种子萌动后或个体生育前期,有一段时间对温度有一定的要求(感温期)。例如冬麦和冬油菜,要求几十天  $0\sim5^{\circ}\text{C}$  的低温;水稻、玉米要求 10 天左右  $15\sim30^{\circ}\text{C}$  的适温;南方的瓜类(南瓜、甜瓜)要求 5~6 天  $25\sim30^{\circ}\text{C}$  的高温。没有满足这个温周期的条件,它们就不能进入感光的光周期,形成花芽和开花,这个现象就叫做“温周期现象”。人为地满足作物在温周期所要求的适温措施,叫做“春化”。

在感温期感受温度的春化作用部位是茎尖生长锥。如果生长锥不是处在所要求的条件下,即使其周围的部分处在适合条件,也不能发生感温的反应,仍然不会分化花芽。

关于植物温周期和春化的机理,比光周期了解得更少。曾发现某些激素与春化有关系,例如赤霉素  $\text{G.A}_3$ ,可代替低温春化,促进越冬作物甘蓝、甜菜、萝卜的抽苔开花,但对冬小麦则不起作用。

**3. 影响花形态分化的条件** 花的分化和发育同样受外界环境的影响。例如,水稻穗形成最适宜温度为  $30\sim32^{\circ}\text{C}$ ,温度升高愈接近适温,稻穗分化速度愈快,分化过程缩短;低温则延缓或抑制它的发育,出现畸形的谷粒或秕谷。

稻穗分化时对水分也极敏感,尤其是花粉母细胞减数分裂时最为敏感。如在稻穗发育期受涝,易产生畸形颖花,颖片细长或缺少内颖,雌雄蕊发育不完全,雄蕊残存颖内不能开花,抽穗后逐渐枯萎脱落,如淹水时间过长,幼穗变黑腐烂,甚至全株死亡。水分不足也会造成很大的危害,如在枝梗和颖花原始体分化时遭到干旱,则枝梗及颖花形成受阻,每穗粒数

减少；在内外颖及雌雄蕊原始体分化期遭受干旱，颖花发育异常，产生畸形颖花；花粉母细胞减数分裂期受旱，则产生不孕颖花或颖花退化。

由于稻穗的分化与发育过程中需要消耗大量物质，同时又要形成大量的新器官，所以，土壤的养分状况、植株的密度、光强及植株本身的生育状态都能影响穗的分化与发育。例如，在稻穗分化期施用氮、磷、钾肥不仅能使穗发育良好，减少枝梗和颖花的退化率，增加每穗粒数，而且也能促进有机物质的运转，增加光合产物。

#### （四）植物激素在生长发育中的作用

植物激素是新陈代谢的产物，它在体内含量虽极微少，但生理活性很强，对生长发育起着重要的调节作用。无产阶级文化大革命中，农业上应用植物激素的群众运动广泛开展，加速了这方面研究的进展。

目前已知，植物体内激素有生长素（吲哚乙酸），赤霉素（“九二〇”），激动素和休眠素（离层酸）等四大类。它们的作用主要有以下几方面：

- （1）促进细胞或器官生长；
- （2）抑制细胞或器官生长；
- （3）促进细胞分裂和诱导细胞分化（诱导离体组织分化出原来不存在的芽和根）；
- （4）能起相当于低温和长日照的效应，使长日照植物在短日照条件下开花，或使低温春化的越冬植物，在高温条件下开花。

显然，以上的这些作用，都会强烈影响植物体的生长或发育。现将各类激素的作用简述如下：

1. 生长激素 生长激素即吲哚乙酸(I.A.A.),是一种含氮的有机酸,现已可人工合成。同时还人工合成了一些在化学结构、生理功能上与 I.A.A. 类似的人工合成生长激素,如农业上广泛应用的萘乙酸(N.A.A.)和 2,4-二氯苯酚代乙酸(2,4-D)等。

生长素主要是促进器官生长,它在茎尖、根尖、芽的分生组织中含量较多。在一定范围内,表现为生长素含量增加,器官生长的速度也增加。如果超过一定浓度就会转化为它的反面,抑制器官的生长,甚至造成植物的死亡。植物顶端优势,即由于顶端生长点的高浓度的 I.A.A. 传递到侧芽中,抑制侧芽的生长。

一般,在 1~100 p.p.m.\* 低浓度时,生长素促进生长,在 100~500 p.p.m. 的较高浓度时则抑制生长,但因药剂种类和施用的器官不同而异。例如,2,4-D 的作用比 I.A.A. 和 N.A.A. 强烈,在 50 p.p.m. 时即可抑制植物生长。

另一重要的现象是同一种生长素或人工合成生长素对不同种类植物的效应不同。例如浓度为 1000 p.p.m. 的 2,4-D 可以杀死双子叶杂草,而对单子叶作物水稻、小麦、玉米、甘蔗等基本没有影响,所以在实践上可以用 2,4-D 作单子叶作物大田除莠剂。

2. 赤霉素(“九二〇”) 是从水稻恶苗病菌发酵液中提出的一种有机酸(赤霉素 G.A<sub>3</sub>),目前已发现的这类物质有几十种,它的作用是刺激细胞生长和分裂,并对作物的发育有显著影响。如冬麦经“九二〇”处理,不经低温春化即可开花结果;需要长日照才能形成花的植物经“九二〇”处理,在短日照

---

\* p.p.m. 即百万分之一,若以克为单位,即百万分之一克亦即 1 微克。每克或每毫升中含有 1 微克样品即为 1 p.p.m.。



下也可以开花结实,但它不能诱导短日植物在长日照下开花;可以促进花粉萌发和花粉管伸长(浓度为10~50毫克/升);也有防止离层形成的作用,所以可用于防止棉铃脱落。

赤霉素用量极微,一般用0.001~0.05毫克/升的浓度滴在生长点上,就可以急剧生长。赤霉素现在还不能人工合成,主要用真菌发酵来生产。

3. 激动素 是脱氧核糖核酸(DNA)的分解产物。在发芽的种子、发育的果实、胚组织以及根尖中分布较多。最早发现的是6-咪喃氨基嘌呤。现在,也可以合成这种激动素及其同类物质。激动素最明显的作用是促进细胞分裂和在离体组织培养中诱导器官的发生,如在花粉培养中加了激动素,可以促进原来没有分化的组织分化出芽和根,所以激动素有促进器官分化和发育的作用。

另外,激动素可以消除I.A.A.所形成的顶端优势,可以刺激侧芽的生长,打破休眠作用,也可以防止早衰。有人认为它还可以提高植物组织对高温、低温、病菌的抵抗能力。

4. 休眠素(A.B.C. 离层酸) 是一种抑制生长的激素,是从落叶树的树叶和棉铃中发现的。它有延长休眠的效应,有促进离层形成的作用,可以抑制茎的生长,促使它的节间变短,但这些作用都是暂时的,需要重复或延长处理时间,才能持续起作用。休眠素及其类似激素(如矮壮素C.C.C.)都可以人工合成。

此外,还有些化学物质如乙烯,也有催熟果实、促进落叶、抑制茎的生长、促进生根的作用。

植物激素既对植物生长发育有多方面作用,同时用量少,成本低,一般使用浓度对人畜安全,是人们用来控制作物生长发育、增加产量的一种有效手段,受到广大贫下中农的欢迎。

## （五）怎样解决营养生长与生殖生长的矛盾

毛主席教导我们：“如果人们不去注意事物发展过程中的阶段性，人们就不能适当地处理事物的矛盾。”在作物从种子萌发到形成新的种子的整个生长期中，可以分为许多生育阶段。例如棉花就要经过发芽、出苗、现蕾、开花、吐絮等几个阶段。在全过程中始终贯串着同化与异化的矛盾，但各个阶段又是有区别的，特别是营养生长转入生殖生长时，矛盾发生了质的飞跃，无论在形态上，在生理上，还是对外界条件的要求上，都有很大的变化。棉花营养生长和生殖生长重迭并进的时间较长，一般达 50~60 天。这与水稻、麦子相比，有它自己的特殊性。棉花在这段时间里，既要长枝长叶，又要开花结铃，营养生长与生殖生长两方面在养料和水分的分配、物质的积累以及对外界条件的要求上的矛盾很大。因此，在棉花管理上，协调营养生长和生殖生长的矛盾，是夺高产的一个中心环节。

解决矛盾先要分析矛盾，棉株从现蕾开花到结铃吐絮的过程中，由于生理原因造成脱落，在开花前较少，开花后逐渐增多，至盛花期达到高峰，后期脱落又逐渐减少。据统计，盛花期铃脱落占总数 50%，可见，盛花期是重点防止脱落的时期。前期棉田通风透光良好，内部营养供应矛盾小；开花期枝叶旺长，养料供应上矛盾激化，加上棉田郁闭，通风透光不良，所以脱落增多；后期营养生长长势减弱，养料较集中地向花铃输送，养料供应的矛盾相对减少，脱落也较少。如果缺水脱肥，植株生长瘦弱，叶片少，薄而小，有机养料制造得少，养料供应矛盾更加尖锐，结铃不仅少，而且脱落多；若是早期施肥过多，或棉株过密，在肥多水足的情况下，易发生疯长，有机养料主

要用于枝叶的生长,造成棉田荫蔽,使中下部棉叶得不到充足的阳光,光合作用效应降低,供给棉铃生长的养料少了,于是引起中下部蕾铃大量脱落。在其他作物上,营养生长和生殖生长的不协调,同样影响作物的产量。

怎样解决这些矛盾呢?实践经验证明,只要充分认识了各种作物在种实生长过程中物质分配的规律性,具体了解营养器官与结实器官生长的相互联系和制约关系,通过各种栽培管理措施,能够增铃增重,减少脱落,取得高产。例如,棉花的蹲苗整枝,果树的修剪、疏花,粮食作物的后期肥水管理,以及姚士昌种花生的管理等,都是行之有效的好经验。同时,也可以应用适当的生长素,来进行调节控制。例如,使用 10~20 p.p.m. 的赤霉素,在棉花盛花期对子房进行点喷,可减少棉铃脱落,收到增产的效果。

## 植物的类群

生存在地球上并为人所知的生物种类,约有二百余万种。

动物或植物的种类,都是自然历史发展的产物,各有它们自己的种类系统进化史,不过动物或植物的历史,不是它们自己写的,而是人替它们创造的。人怎样为动物或植物写历史?怎样认识种类的系统进化关系?从生物分类来说,首先是应用归纳法,将相近的种归于同一个属,把相似的属归于同一个科,把相似的科归于同一个目,目再归纳为纲,纲再归属于门,最后联合不同的门,构成植物界或动物界。人们将种按形态、结构、繁殖或生理化学等特性所表现的相似或不同程度,进行分类学的归纳,这仅是认识和区分生物,研究生物进化历史的起点。接着要应用演绎的方法,对种、属、科、目、纲、门进行比

较分析。用历史的、联系的、发展的观点，来研究它们相互之间发生与进化的历史联系，这就是生物的系统分类。

生物存在自己的发生发展历史，这是人们对生物进行系统分类的客观根据。恩格斯曾经强调，在生物分类问题上，“任何一个种属都确确实实是由于亲缘关系而从另外一个种属演绎出来的”。

种是生物分类的一个基本单位。一个种总是包含许多形态上很相似的个体，彼此间能自由交配，产生与亲本相似的有生育能力的后代。不同的种之间存在不同程度的生殖隔离，往往不易杂交，不能产生有生育力的后代（这仅是相对地）。

种内也有差异，有变化。所以，在种以下还可区分出不同的亚种、变种、变型。栽培作物的品种，也是种内的变异。

任何一个种都有它一定的自然地理分布，这叫做种的地理分布区，分布区有大有小。同一个种，可分布在各个国家、各民族、各地区，它有当地习用的名称。这样，就会产生一种多名，也难以避免同名异物，或者同物异名的混乱，不利于生产利用和文化交流。为了克服这个缺点，国际上规定在生物分类上每一个种，都只能有一个统一的学名。

种的学名包括两个部分，一个是属名，另一个是种名。这两个词都要用拉丁文或拉丁化的文字。例如，水稻的学名是 *Oryza sativa*，属名是 *Oryza*，第一字母规定大写；种名是 *sativa*，第一字母规定小写。有时，学名是：属名 + 种名 + 命名人的姓名或其缩写。如 *Oryza sativa* L.，这个 L. 是林奈 Linne 的缩写。加上命名人的名字，是为了在分类研究工作上便于核对原始文献和标本。

植物界的系统分类，分为 14 门，分属于下列几个基本的植物类群：



藻类植物：包括蓝藻门、绿藻门、眼虫藻门、甲藻门、金藻门、褐藻门、红藻门。

菌类植物：包括裂殖菌门(细菌与放线菌)、粘菌门、真菌门。这些都已列入微生物类。

苔藓植物：包括一个苔藓植物门。

蕨类植物：只有一个蕨类植物门，也有人主张把蕨门各纲提升为门。

种子植物：包括裸子植物门和被子植物门。较近，有人主张把裸子植物门的各纲提升为门。

植物界的各个门在系统进化历史中，代表着一定的历史发展阶段和一定的演化发展方向。它们共同反映着整个植物界从简单到复杂，从低级到高级，从水生到陆生的进化总趋势。

每一个具体的种，在系统分类中必然属于一定的门、纲、目、科、属。例如，叫做麦的作物，包含普通小麦、密穗小麦、硬粒小麦等十几个不同的小麦种，都属于小麦属；大麦、元麦(裸大麦)是同一个大麦种的两个变种，大麦这个种，属于大麦属；小麦属和大麦属，都属于同一个禾本科。荞麦，则是荞麦属的一个种，荞麦属是蓼科的一个属。禾本科是单子叶植物纲，颖花目；蓼科是双子叶植物纲，蓼目。因此，在系统分类上，同叫做麦的植物，彼此间有着不同的亲缘关系。比较起来，大麦和元麦亲缘最近，其次是同属于小麦属的各个小麦种。不过在小麦属内，各种小麦的亲缘也不一样，普通小麦与密穗小麦的亲缘，比它与硬粒小麦亲缘近。荞麦和小麦则极为疏远，不仅是不同的科，还处在不同的纲。

了解植物属种的亲缘，对利用和改造植物很有好处。因为亲缘密切的植物种，往往在利用的方面有共同性。例如，供

制造可的松的甾体\* 原料，原来要从国外的一种薯蓣块根中提取，我们以亲缘关系为线索，不久就找到了国产薯蓣属的甾体资源，打破了资本主义国家的垄断。杂交育种，选配杂交亲本，也需要知道亲本的亲缘关系。在一个属内进行种间杂交，比不同属的种成功机会要大些。不同属之间的属间杂交，亲缘近的属，成功的可能性比亲缘远的属大。例如禾本科内，小麦属与黑麦属，小麦属与冰草属都已杂交成功，小麦属与其他属杂交则较困难。

## 一、藻类植物

### (一) 藻类的一般特征

藻类是些什么样的植物？春暖花开，池塘里水也变绿了，水里出现了一些绿色的细丝、絮团或泡沫状的东西，它们都是藻类植物。

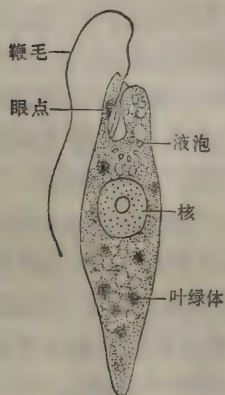


图 46 绿眼虫藻

吸取一滴池水在显微镜下观察，就会看到水里有许多单细胞的浮游藻类，其中有悬浮着不会动的绿色小球，这是小球藻；还有会游动，形状象生梨，顶端有两根鞭毛和一个红色小点（眼点）的衣藻；眼虫藻也会游动，它的形状象鱼雷，顶端有一根长的鞭毛，也有一个红色眼点（图 46）；硅藻外壳象精工雕刻的小盒子，有各种不同形状，黄绿色，虽没有鞭毛，也会一冲一冲地

\* 甾体：亦叫甾族化合物，如胆固醇、性激素、肾上腺素、皂素等，一般都具有重要的生理作用。

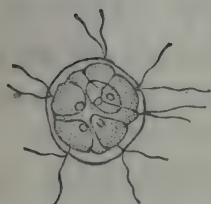


图 47 实球藻

在水里跳动。

有时,还会看到比小球藻大得多、能游动的绿色球体,这是由许

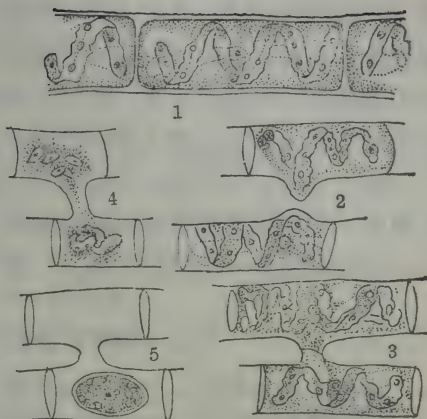


图 48 水 绵

1. 丝状体的一部分 2、3、4. 结合生殖 5. 合子

多衣藻型的细胞联合而成的团藻或实球藻(图 47)。团藻是几千个细胞联合而成的大群体,实球藻只是几十个细胞的群体。多细胞群体的藻类,也是浮游性的藻类。

丝状的多细胞藻类和片状的多细胞藻类,一般是以基部固定于水下的基质上,属于不游动的底栖性藻类。在池水中常见的丝状藻有水绵(图 48)和刚毛藻(图 49)等。

海水中也有极多的藻

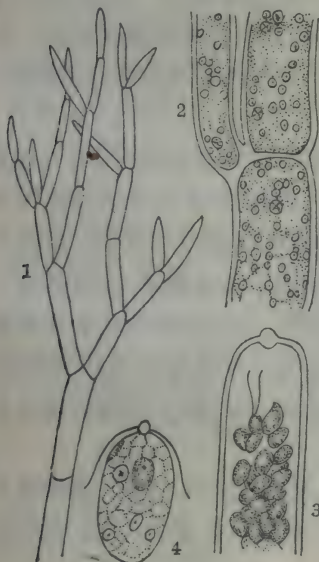


图 49 刚 毛 藻

1. 丝状体一部分 2. 细胞一部分放大  
3. 游动孢子囊 4. 孢子

类,例如食用的海带、紫菜、苔条(浒苔)、石蓴、石花菜(用作提取培养基用的琼脂),都是海水中底栖的经济海藻。海藻里也有大量的浮游单细胞藻类,在亚、非两洲大陆之间的红海,海水的变红即由于其中孳生大量的藻类。

藻类主要分布在水里,但也有一些种类生活在陆地上或土壤中。例如树杆和墙角的绿色青苔是一种原球藻,雨后地面长出的蓝绿色、滑腻腻的“地皮”,是一些蓝藻。

## (二) 藻类植物的分类

藻类植物并不是一个严格明确的分类概念,它只是泛指生长在水中,没有真正根茎叶的一些低等植物。在分类上,藻类被分为许多不同的门,每个门都有它独立的进化方向,所以,为了利用藻类,就需要分别了解各门藻类的现象、性质和规律性。

1. 蓝藻门 蓝藻是一类很原始的原核植物,这是因为蓝藻的细胞没有定形的核与叶绿体,核酸分散在细胞原生质中央,叫做核质体,色素分散在核质体周围的原生质中。蓝藻所含色素与红藻相似,不过它的红色素不是红藻素,而是蓝藻红素。蓝藻呈蓝绿到红紫的各种色泽,光合贮存产物为多聚葡萄糖苷、蓝藻淀粉与蛋白质粒。蓝藻多是单细胞或群体,细胞壁也不是纤维素,而是含氮的粘质复合物,细胞外有胶质分泌物。

蓝藻分布很广,水里、土表、岩面和沙漠都有。其中有不少种属,能固定大气中的游离氮,叫做自生固氮蓝藻,例如念珠藻(图 50)、固氮鱼腥藻等。

蓝藻的繁殖,有些是营养繁殖,丝状体上异形孢断裂,断片再长大;大多数种是靠单细胞分裂增殖;没有发现有性生



殖。在环境不利时，藻体的细胞产生厚壁，变为休眠“厚壁孢子”。

2. 绿藻门 单细胞小球藻、衣藻，多细胞群体团藻、丝状藻水绵、刚毛藻、苔条和片状石蓴等都属于绿藻。在这些绿藻的细胞内，各有一定形态的叶绿体，叶绿体内含有和高等绿色植物一样的光合色素（叶绿素a、叶绿素b、胡萝卜素），光合贮存产物也是淀粉，淀粉往往集聚在淀粉核周围。

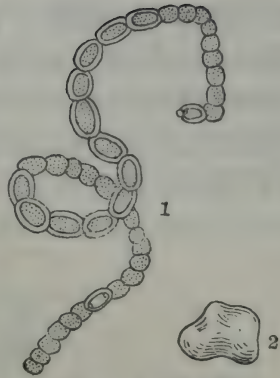


图 50 念珠藻  
1. 全形 2. 藻丝放大

绿藻植物繁殖方式十分多样。但基本上是三种方式：营养繁殖、无性孢子繁殖和有性繁殖。这三种方式往往在同一种藻类里都有，也有些种类不全有。

营养繁殖：是靠藻体的细胞分裂，例如水绵丝状体断裂下来的片段，可以再长成独立的个体(图 48)。

无性孢子生殖：例如衣藻，是在藻体的细胞内，原生质经过分裂，产生 2、4、8、16 个或更多个小的细胞，每个小细胞都有 2 或 4 根顶生鞭毛，叫做游动孢子。游动孢子从母细胞壁裂开的破口逸出，在水里游动一个时期，即可发育为新个体(图 52)。小球藻的无性孢子(似亲孢子)和母体形状一样，没有鞭毛，也不会游动(图 51)。

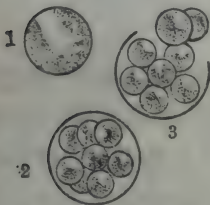


图 51 小球藻的  
无性生殖

1. 细胞 2, 3. 分裂产生  
8 个不动孢子

有性繁殖：衣藻的有性繁殖，先在母细胞内分裂产生一些顶生 2 鞭毛的小细胞(叫做配子)，这种小配子要

成对的配合(有性过程)，两个细胞的原生质融合为一，再形成新的厚壁“合子”。合子经过休眠，在条件适合时萌发，并先经过减数分裂，再形成 4 个顶生 2 鞭毛的游动孢子，从这种孢子长大为新个体(图 52)。因此，在衣藻的有性生殖过程中，出现了“核相交替”现象。

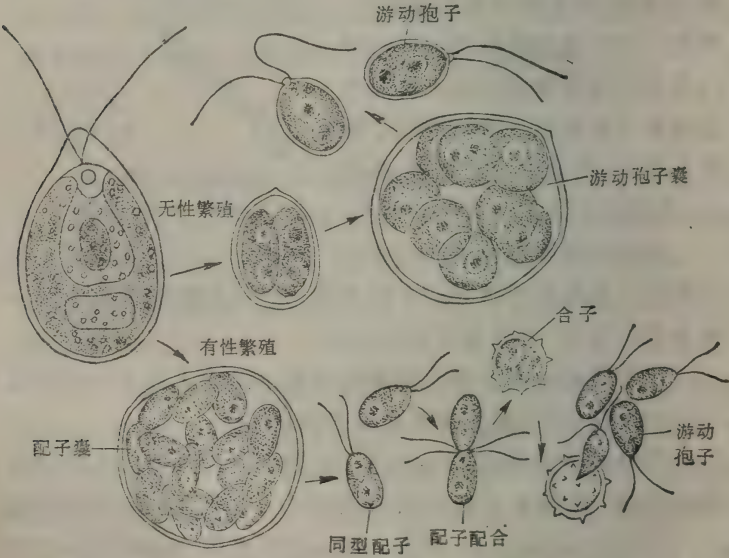


图 52 衣藻的无性孢子生殖和有性繁殖

石蓴的繁殖更复杂一些，它有包含着核相交替的“世代交替”现象(图 53)。石蓴有两种不同核相的片状体，一种片状体是含双倍染色体( $2n$ )的孢子体；另一种片状体是含单倍染色体( $n$ )的配子体。它的繁殖过程，是双倍体的孢子体上的细胞，形成孢子囊，经过减数分裂，产生 4 个顶生 4 鞭毛的游动孢子(单倍体)。这种单倍体孢子，萌发长大成为单倍体的配子体。配子体上的细胞，可形成配子囊，囊内产生顶生 2 鞭毛

的单倍体配子，配子逸出，与来自不同配子体的同型配子配合，形成双倍体的“合子”，合子再萌发长大为孢子体。石蓴的生活史中，出现不同核相的同样形状的孢子体和配子体两个世代相互交替现象，就叫做“同型世代交替”，这是植物的世代交替现象的一种低级形式，但比衣藻进了一步。因为衣藻的生活史中，只有合子是双倍体，没有双倍体的孢子植物体，它还不具备不同的植物体世代。

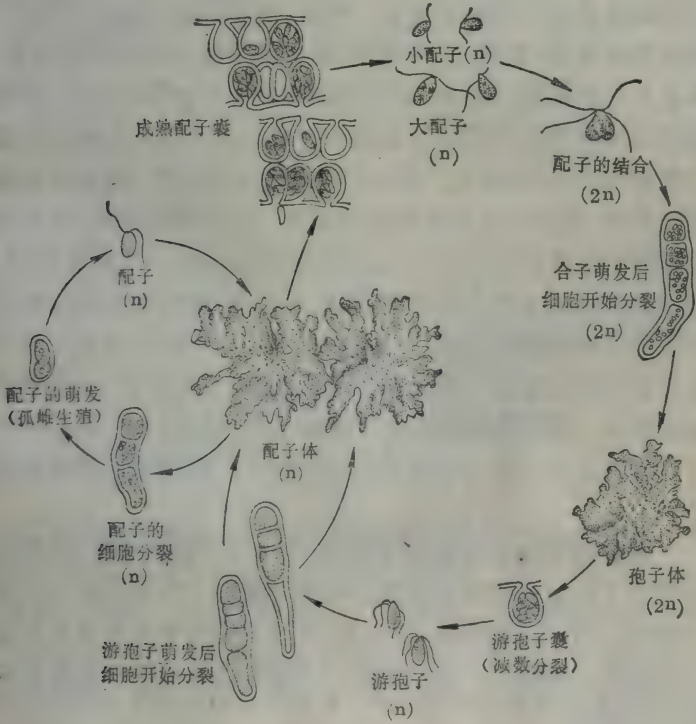


图 53 孔石蓴生活史

绿藻在体型结构上从单细胞向多细胞群体、丝状体、片状

体进化;在生殖方式上从只有无性孢子繁殖到出现有性配子,从有性生殖的只有核相交替到有不同世代交替的进化,反映了植物的发展也是遵循着从简单到复杂,从低级向高级发展的共同规律。

3. 褐藻门 褐藻门完全没有单细胞的浮游种类,多数是浅海的底栖性海藻,孢子体的体型较大。例如,巨藻的带状体长达70米,重数百公斤;海带可长达6米。藻体的形态与结构也远比其他门的藻类复杂。例如,海带的孢子体分为带片、带柄和固着器(假根)三个部分,带片的切面为多层细胞构造,外表的几层细胞叫表皮,表皮的细胞内含有许多叶绿体,褐藻的叶绿体内含有叶绿素a和胡萝卜素,以及褐色的辅助色素褐藻素,藻体呈绿褐色,光合贮存产物不是淀粉,而是甘露醇和昆布素,藻体中含有大量的褐藻胶。在表皮的内侧,为多层大型薄壁细胞所构成的皮层,内贮存光合产物。中间是髓部,其中有两端膨大的丝状细胞(喇叭丝),可能是输送有机养料的构造。在皮层内,还有分泌粘液的腺体,叫做粘液腔。带柄的构造与带片相似。固着器(假根)无髓,呈多分枝,分枝顶端有吸着盘,借以使藻体固定于海底基质(岩块)上。海带的带片与带柄之间,有一个居间分生生长区,可使带片持续地伸长。

海带的繁殖也有世代交替(图54)。在生殖时期,孢子体的带片下表面出现斑块状突出的孢子囊群,在每个棒形的孢子囊内,经过减数分裂,产生32个具有侧生2根不等长鞭毛的单倍体游动孢子。孢子散出,在水底萌发为雌性或雄性的配子体植物。

海带的雌配子体仅1~3个细胞,顶端的细胞膨大成为卵囊,可排出一个不会游动的卵。雄配子体,是由不多几个细胞



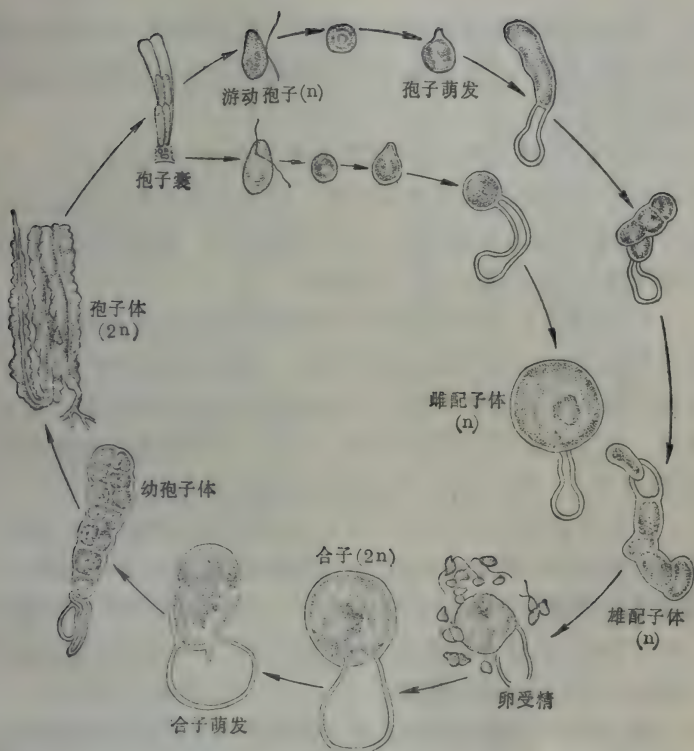


图 54 海带生活史

构成的分枝丝状体,分枝的顶端细胞形成精子囊,从囊中排出梨形、有 2 根侧生不等长鞭毛的游动精子。精子排出后,游向卵囊与卵结合,成为厚壁的合子(双倍体)。合子经过休眠,萌发为幼孢子体。海带的幼孢子体从第一年秋天出现,第二年秋长大成熟,开始释放少量孢子,第三年秋再大量释放孢子,以后即衰老死亡。采收的商品海带,一般是第三年大量释放孢子之前的孢子体。

海带的生活史,交替着的孢子体与配子体世代,体型大

小、形态构造和生存时间都不相同，这叫做孢子体占优势的“异型世代交替”，异型世代交替在进化上比同型世代交替又前进了一步。

褐藻门的藻类里，也有同型世代交替的，例如水云等。还有在生活史中只有双倍的孢子体，但未发现它们的无性游动孢子，例如马尾藻。这说明，在同一个门里，类型的进化途径和发展水平，也不是完全一个模样。

4. 红藻门 主要是海藻，大多是体型不太大的片状或纤细分枝类型，也有少数单细胞种类。红藻细胞内的叶绿体，除含有叶绿素 a 和胡萝卜素外，还含红色的红藻素和蓝色的蓝藻素，故呈现红紫等不同色泽。光合贮存产物是一种特殊的“红藻淀粉”。紫菜、石花菜都是常见的经济海藻。

甘紫菜的食用部分是 1~2 层细胞所构成的膜质叶状体，基部有固着器。叶状体的形态、大小和颜色变化很大，藻体边缘有皱褶或裂片。紫菜的这种叶状体在生活史中属于单倍体的配子体世代。符合商品规格的大型紫菜，一般为 30 厘米长，个别大的可达 60~90 厘米。

紫菜可进行无性孢子繁殖，它的无性孢子叫“单孢子”。有性生殖过程很复杂。

紫菜叶状体的大小，主要决定于孢子发育时的水温。在萌发时水温低于 17~20℃，可长成大紫菜；水温高于 17~20℃，则长不大，成为小紫菜。

5. 金藻门 包括金藻、黄藻和细胞外有壳的硅藻等三纲。黄藻中有非细胞构造的多核管状体结构的种类，如无隔藻（也叫管藻）（图 55）。其他都是单细胞或多细胞群体的浮游藻类。细胞内的叶绿体含叶绿素 a、胡萝卜素和各种黄色的辅助色素、硅藻素、叶黄素，藻体呈黄绿、黄色或金棕色。



图 55 无 隔 藻

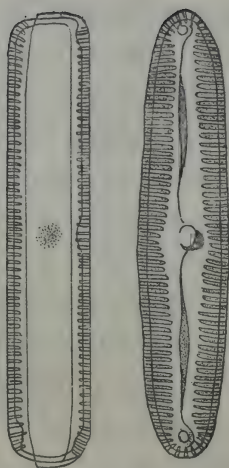


图 56 硅 藻

硅藻(图 56)全是单细胞, 种类最多, 分布最广, 也是水生动物和鱼类的重要食料。硅藻壳的沉积, 叫做硅藻土, 这种沉积物在海底油田勘查中很重要。

硅藻的壳是透明的硅质, 分上壳与下壳, 套合如盒子样, 上面的花纹与壳的形状极为多样, 也是区分硅藻种类的主要特征。

硅藻主要以分裂繁殖, 有时可见两个小的子细胞结合的有性生殖。

### (三) 藻类植物资源的开发利用

人与藻类有什么关系? 藻类虽然小, 看起来不显眼, 它的作用却很大。地球上所有植物有机物质的初级生产(指光合作用)量, 有 90% 要算在藻类头上, 动物赖以生存的氧气, 也主要来源于海洋藻类的光合作用过程。单细胞浮游藻又是水

生动物和鱼群的食料,水生动物有机物质的次级生产(指渔业生产)量,依赖于水里的有机物质初级生产,所以浮游藻的种类和数量变化,密切关系着渔场捕捞丰歉。藻类的种类资源很丰富,已知的即达 19000 多种,它们的光合生产效率比陆生植物大得多(例如单细胞的小球藻光能利用率可达 23.5%,一般陆生的植物仅 1~2.5% 左右),是一个尚未完全挖掘出来的巨大生产潜力,有待人们更好地开发和利用。

我们既要了解藻类在地球自然中已经或正在起着的巨大作用,更应看到人们在利用藻类的实践中,逐渐认识它们的现象、性质和规律性,从必然中获得自由,使藻类在社会主义建设中发挥更大的作用。

经济海藻的人工养殖,是我国水产事业的一件新生事物。例如海带,解放前全靠从国外进口。解放后我国发展了自己的海带养殖事业,大幅度提高了单产,并将海带养殖从北方的局限地区,向我国东南海区推进,扩大了生产面积。我们为什么能做出前人和外国人都没有做到的事情?主要是靠党的领导,靠群众的智慧,靠三大革命实践。

海带的大幅度增产,是由于改变了仅是模仿自然的落后投石养殖生产方式,按照海带生长与自然条件的关系所反映出的规律,采用了筏式人工养殖。因为,筏式养殖在人们的控制下,可使海带总是处于适深的水层,光线和温度都有利于它的光合作用,同时,筏式养殖又便于集中管理(施肥、防病)。

海带南移所以成功,是因为对海带生活史、产生孢子、孢子萌发为配子体以及受精后幼孢子体的生长过程所要求的条件,经过调查研究有了具体的认识,了解到水温的影响是主要的,南方海区海水温度不利于上述过程,是矛盾的主要方面。于是采用了人工采孢子,低温培养幼孢子体(海带苗),再结合



筏式养殖,充分利用南方适于海带生长的秋冬季节。

海带养殖事业向生产的深度和广度进军,带动了其他经济海藻养殖事业的发展。在我国沿海 45 属 100 余种经济海藻中,石蓴、苔菜(绿藻)、裙带菜、鹅掌菜(褐藻)、石花菜、海萝、江藤、麒麟菜、紫菜(红藻)的生产,都有了很大的进展。

单细胞藻类的养殖,逐渐向工业生产方式发展。蓝藻固氮在农业生产中的充分利用,以及利用藻类和微生物净化工业污水。这些都是利用藻类的一些新方向,有待我们去实践和认识。事物总是一分为二的。某些藻类在水中过度繁生,也会给生产造成危害。例如,夏季鱼塘里如果有一种叫做微囊藻(蓝藻)大量生长,就会出现“水华”,也叫“湖靛”,水呈蓝色,鱼群因缺氧和中毒,大量死亡。用 0.5~0.7p.p.m. 的硫酸铜喷洒鱼塘,可防止湖靛发生。海洋中也会因甲藻大量繁殖,形成“红潮”,这种藻体腐烂产生毒素,也会使海生动物大量死亡。海洋的这种生物污染,目前还是未解决的一个问题。

## 二、苔藓和蕨类

### (一) 苔藓和蕨类在植物进化中的地位

苔藓和蕨类是具有不同程度茎叶分化,以孢子进行繁殖的陆生高等植物。

苔藓和蕨类在生活史中都有明显的世代交替现象。苔藓独立生活的配子体世代,在生活史里占优势,孢子体不能独立生活,依附在配子体植物上。蕨类孢子体世代占优势,有真正的茎叶结构,体型也较大,配子体世代虽可独立生活,但仅是小的绿色叶状体(叫做原叶体),远不如孢子体显著。

苔藓和蕨类的配子体上,都有多细胞构成的一种瓶状构

造,内部藏有一枚卵,这是雌性生殖结构,叫做颈卵器。卵受精后,合子要在颈卵器内发育为胚胎。

苔藓是植物进化的旁枝,蕨类是进化的主干。因为孢子体高度发育的种子植物,不可能从配子体发达的苔藓起源。蕨类植物,一方面与孢子体发达的藻类可能有共同起源,另一方面原始的种子植物,也可能由某些古代的蕨类起源。所以,要了解植物进化的全过程,对于苔藓和蕨类这个联系低等藻类和高等种子植物的环节,应有一些基本的知识。

## (二) 苔藓植物的基本特征

苔藓植物门分为苔纲和藓纲,地钱是苔纲的一个代表;葫芦藓是藓纲的一个代表。

1. 地钱(图 57) 配子体是扁平二分叉的叶状体,能独立生活,贴地生长,背面(上面)的表皮层分隔成许多气室,气室顶上有筒状气孔,室内有绿色细胞构成的丝状物。表皮下是多层大型薄壁细胞,贮存着淀粉。腹面(下面)的表皮有许多鳞片和成丛的细丝(假根)。地钱的叶状配子体上表面,有时出现杯状的构造,叫做芽孢杯,杯内可产生许多粒状的芽孢,产生芽孢是地钱的无性繁殖。

地钱叶状体雌雄异株,雌地钱有伞状的雌器托,在指状的裂瓣下侧,倒悬着颈卵器。雄株产生盘状的雄器托,其上有精子囊,螺旋状精子有两条鞭毛,在有水时游入颈卵器,受精卵在颈卵器内先发育成胚,再长大成为孢子体“苔蒴”。苔蒴依附在配子体上,包括球形的孢蒴、蒴柄和一个吸器(蒴足),孢蒴内孢子母细胞经过减数分裂,形成单倍体的孢子,孢子成熟,借弹丝的帮助,从蒴中散出,先萌发为原丝体,再发展成叶状的配子植物体。



图 57 地 钱

2. 葫芦藓(图58) 配子植物体有一定程度的茎叶分化, 在稀疏的分枝上有许多表皮突起的小型假叶, 密集簇生于枝顶。它是雌雄异株的, 精子器位于枝顶的雄苞内, 颈卵器着生在侧枝上的雌苞内。受精卵发育为孢子体“藓蒴”, 藓蒴也不能独立生活, 孢子成熟借蒴齿的反转运动, 散布到蒴外, 在土表萌发为原丝体, 再发展成葫芦藓的配子体。

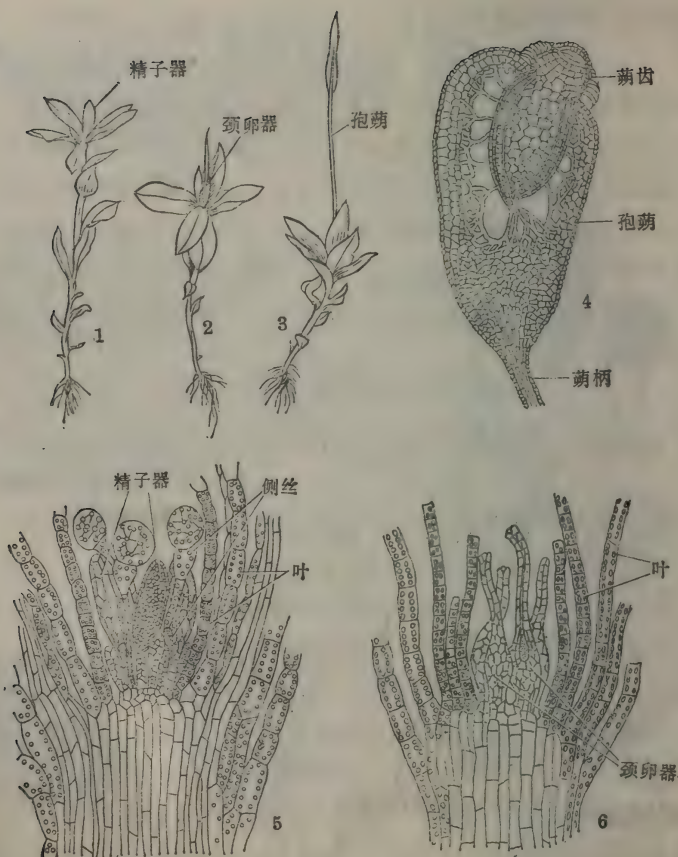


图 58 葫芦藓

1. 雄株, 顶生精子器 2. 雌株, 顶上有颈卵器 3. 孢子体引  
长将蒴帽引出 4. 孢蒴切面及蒴齿 5. 雄配子体顶端切面  
6. 雌配子体顶端切面

苔藓主要分布在高山、冻土、沼泽、森林和湿润寒冷的地区。沼泽中的泥炭藓可形成泥炭, 有些苔藓是民间习用的中草药, 如地钱可治黄疸性肝炎, 蛇苔可治蛇咬伤, 泥炭藓可作



外伤的敷料,银叶真藓可治鼻窦炎等。

### (三) 蕨类植物的分类

蕨类分为四个纲: 松叶蕨纲, 石松纲, 木贼纲和真蕨纲。有人主张分为松叶兰, 石松, 楔叶(木贼)和羽叶(蕨)等四门。

蕨类的化石在泥盆纪地层中开始出现, 到石炭纪特别繁荣, 高达数十米的乔木状树蕨, 形成了石炭纪的沼泽森林, 它们的遗体, 即是蕴藏在石炭纪地层中的深厚煤层。这些木本蕨类的种, 到二叠纪中期, 因地球气候变化, 相继绝灭, 现在除热带森林中还有少数木本蕨类, 其他地区都是草本类型。

1. 松叶蕨纲 是最原始的蕨类, 也是最原始的陆生高等植物, 有人认为它可能起源于某种藻类, 以后发展为两个演化枝。一枝是小叶型的进化枝, 发展为石松纲和木贼纲。另一枝是大叶型进化枝, 发展为真蕨纲, 并进一步进化为种子植物。

松叶蕨的种类, 在石炭纪几全部绝灭, 化石植物的代表是莱尼蕨(嘴草属)(图59), 现存植物仅松叶兰属的三种。我国云

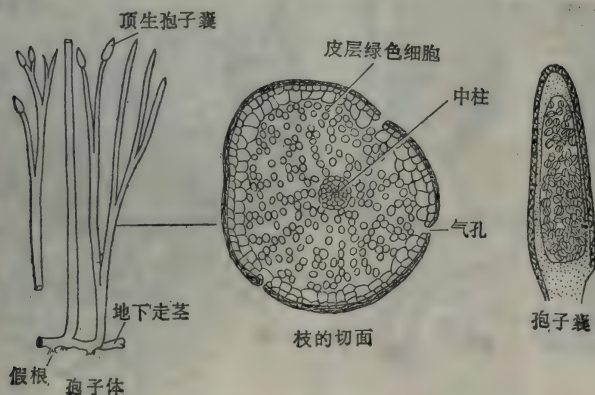


图 59 嘴草属化石

南、海南岛、台湾、四川分布的一个种,叫松叶兰。松叶兰的孢子植物体(图 60)有直立的茎和假根,两叉分枝,有中柱,茎上有表皮延生的小型叶,叶腋着生孢子囊。孢子在土中萌发为原叶体,原叶体上有颈卵器和精子器。

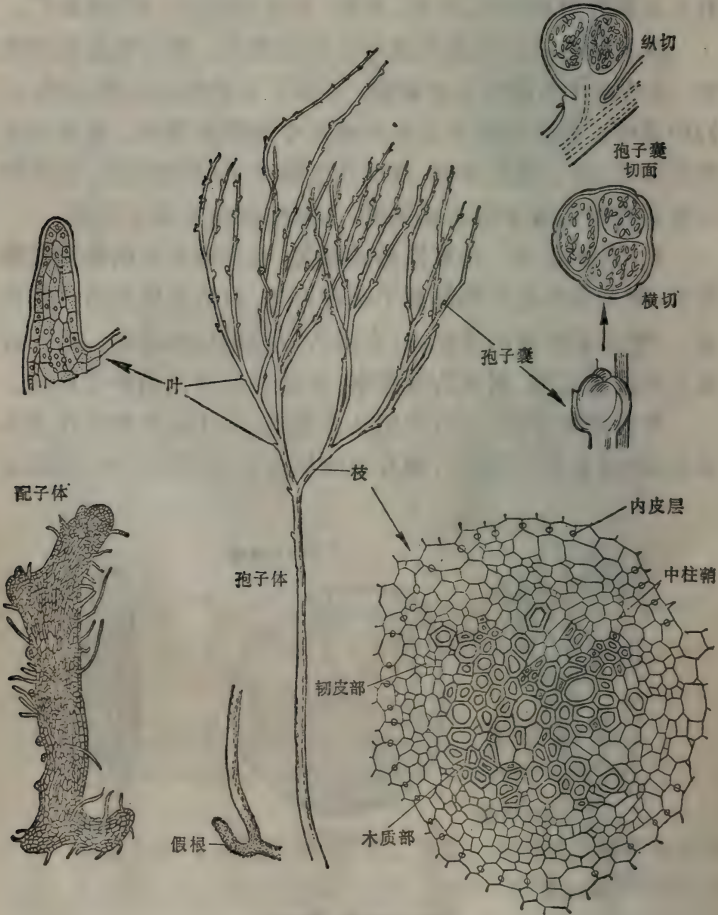


图 60 松 叶 兰

2. 石松纲 石松纲的代表是石松(图 61), 孢子体的匍伏茎蔓生, 直立茎高不到一尺, 二叉分枝, 在分枝顶端形成孢子叶球, 集生, 孢子叶上着生孢子囊。孢子萌发形成配子体, 配子体上有精子器和颈卵器, 双鞭毛游动精子在水中进入颈卵器, 卵受精先发育成胚, 再长成幼孢子体。石松纲的化石植物鳞木属和封印木属, 是石炭纪蕨类沼泽森林的主要种类, 为高达 50 米的巨大乔木。

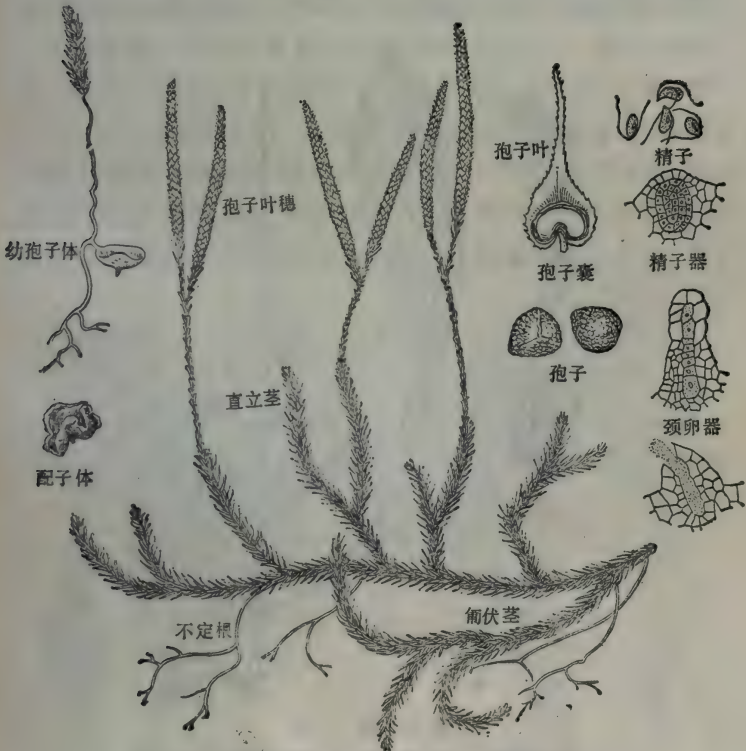


图 61 石 松

3. 木贼纲 其代表是木贼,也叫节节草(图 62)。它有水平的地下茎和直立的地上枝,茎枝有节和节间,节上轮生小型鳞叶和分枝,茎中空,表面有纵行的沟与脊,富含硅质。枝端着生孢子叶球,每个圆盘状的孢子叶上,有 3~10 个孢子囊,孢子借助于连在孢子壁上的弹丝传布。孢子也萌发为原叶体(配子体),其上产生精子器和颈卵器,精子是多鞭毛的螺旋状。合子萌发为具茎和小叶的孢子体。木贼纲的化石植物芦木属,也是石炭纪的蕨类大乔木,高达 30~35 米。



图 62 木 贼

1. 孢子植物体 2. 孢子叶球 3. 孢子下落时的子叶球  
4. 孢子囊 5. 孢子与弹丝



4. 真蕨纲 是大叶型进化枝,它是现代蕨类中最繁荣的一类。虽然不少古生的真蕨已经绝灭,但古蕨的后裔还有不少,现存真蕨植物约有 9000 余种。蕨菜是分布很广的一种真蕨,即以它作为真蕨纲的代表。

蕨菜(图 63)的孢子体有大型的羽状叶,茎横卧在地下,有丛生的纤细的根。茎和叶柄都有完善的维管束并构成中柱。叶有二分叉的叶脉。叶的结构与种子植物相似,不过这种大的羽叶的腹面边缘上会产生孢子囊群,一个孢子囊群包含许多孢子囊,所以蕨菜羽叶是孢子叶(生殖叶),孢子从孢子囊中散出,萌发成片状的原叶体(配子体)。绿色原叶体心形,仅 0.5~0.9 厘米大小,腹面下有多细胞的须状假根、颈卵器和精子器,螺旋形的多鞭毛精子游入颈卵器,卵受精后在颈卵器内先发育为胚,然后再长出真叶,形成独立生活的、有大型羽状叶的孢子体,原叶体继之枯死。在蕨菜的生活史中,孢子

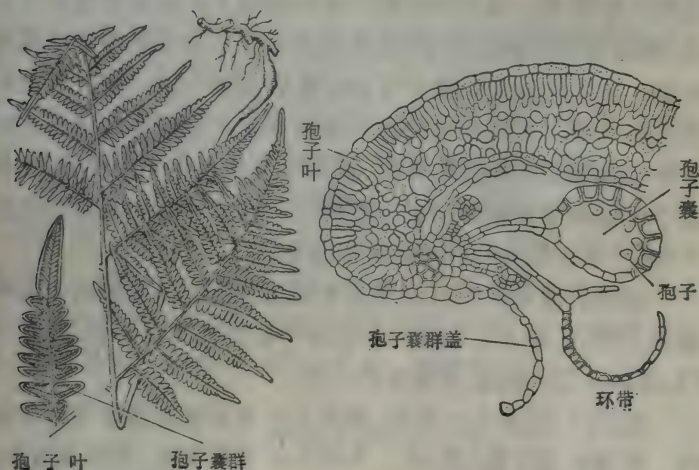


图 63 蕨 菜

植物体占据优势，它还具有从松叶兰两分叉顶枝连合扁化而来的大型叶，这些都是它区别于苔藓和小叶型蕨类的显著特征。而这种特征在进化上是向被子植物演化的起点。

在资源利用上，不仅已绝灭的蕨类森林，构成了埋藏在地下的煤层和油田，现存蕨类，多种富含淀粉的根茎可供食用，或做纺织的浆料，入药的种类约有 200 余种，石松孢子应用在冶金工业和照明上，水生蕨类满江红，是稻田的固氮绿肥。

### 三、裸子植物

#### (一) 裸子植物在植物进化中的地位

裸子植物的生活史，孢子体极发达，配子体极退化不能独立生活，要依附在孢子体上。配子体上有颈卵器，原始的裸子植物精子也有鞭毛，能游动，这显示了裸子植物与蕨类在进化上的一定联系。裸子植物孢子体在结构上比蕨类更适应于陆生，同时具有裸露的种子，也比蕨类靠孢子繁殖更适应于陆生环境。中生代侏罗纪裸子植物在地表盛极一时，取代了木本真蕨的地位。当时巨大的裸子植物森林中生活着现已绝迹的各种巨大恐龙。白垩纪开始，地壳与气候发生了大变化，古代裸子植物和恐龙相继退出历史舞台，代之而起的是大量的被子植物、现代的动物和现代裸子植物。

现存的裸子植物门分为三个纲：苏铁纲、松柏纲和买麻藤纲。较近，有人主张将三纲和属于松柏纲的银杏目，提升为门，理由是它们的进化方向不一样。

苏铁门，现存 100 余种，都是古代裸子植物遗留下来的后代。代表植物苏铁(图 64)，具有不分枝的主杆，大型的羽叶，叶状的大孢子叶上生有裸露的胚珠。



图 64 苏 铁

1.大孢子叶和胚珠 2.小孢子叶 3.小孢子囊

买麻藤门, 只 70 余种, 是一个特殊的进化枝, 营养体形态和孢子叶球的结构, 都很象被子植物, 不过胚珠仍旧是裸生的, 例如麻黄和买麻藤(图 65)。

银杏门, 只一目, 一科, 一属, 一种。这个种是我国特产银杏, 具有扇形和二分叉叶脉的叶, 精子会游动(图 66)。

松柏门, 是现代裸子植物最集中的一类, 约有 500 余种, 分为 7 科。在我国, 自然分布着松科、柏科、杉科、罗汉松科、粗榧科、紫杉科, 并引种栽培着原来分布于南半球的南洋杉科。从林业生产来看, 构成大面积的天然或人工针叶林的树种, 主要是属于松科、柏科、杉科的一些属种。

## (二) 松柏门植物的分类

松科, 12 属, 220 余种, 全是常绿或落叶的小叶(针形叶



图 65 小叶买麻藤  
1.雄花序 2.雌花序  
3.雌花 4.种子  
5.种子枝



图 66 银杏  
1.雌枝 2.雄枝  
3.花药 4.胚珠



或线形叶)乔木。主要分布北温带，多组成大面积的针叶林。我国松科资源丰富，有 11 属，110 余种。

松科雌雄同株，雄“花”叫小孢子叶球，雌“花”叫大孢子叶球。孢子叶球上的孢子叶螺旋状排列。成熟的雌花（大孢子叶球）成为木质化的球果（也叫松塔）。球果裂开，散出种子。松科内落叶松属、云杉属、冷杉属和松属分布最广，经济价值也最大。

松属共 80 余种，我国自然分布约有 20 余种，主要的是分布在北方的红松、华山松、白皮松，分布在中部的马尾松（图 67）、油松，和分布在西南地区的云南松等。松属全是针

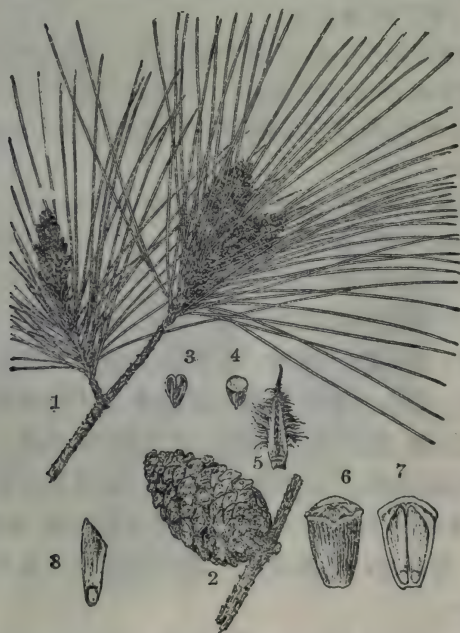


图 67 马 尾 松

1.雄花枝 2.果枝 3、4.雄蕊 5.苞片 6、7.果鳞 8.种子

叶常绿大乔木,长枝上针叶散生,短枝上针叶 2~5 枚束生。

松树的雄花(小孢子叶球)由多数小孢子叶(雄蕊)构成,每枚小孢子叶上着生两个小孢子囊(花药),花粉粒成熟时,常有两个气囊可以随风飘扬。雌花(大孢子叶球)由多数大孢子叶(珠鳞)构成,每枚珠鳞的腹面基部着生两枚裸生的胚珠,珠鳞的背面有一枚苞片,也叫苞鳞。通常珠鳞与苞鳞离生。成熟时,大孢子叶球成为木质球果,种子有硬的外壳(松子),通常有膜质的种翅。

常见的几种主要松树,可按下表进行检索:

1. 针叶五枚一束

2. 松果大,常下垂,种子大

3. 幼枝有红棕色的密毛,种子有翅……………红松

3. 幼枝光滑,绿色,种子无翅……………华山松

2. 松果小,直立,种子有长翅(可达 20 厘米)……………台湾五针松

1. 针叶三针一束

2. 针叶短粗,叶束鞘早落,树皮光滑白色……………白皮松

2. 针叶细长,叶鞘不脱落,树皮鱼鳞状……………云南松

1. 针叶二针一束,叶鞘不脱落……………马尾松\*

云杉属和冷杉属在我国西北、西南、东北山区、台湾的高山区常构成大面积的天然林,冷杉和云杉的木材质量很好。落叶松属是兴安山区和阿尔泰山区的主要针叶林树种。其他属,如金钱松属、铁杉属、黄杉属、油杉属、云杉属,分布不广泛,也很少构成纯林。云杉的叶为凿形,切面呈四棱,散生,不形成叶束,冷杉叶为线形(窄长),切面不呈四棱,也是散生,不形成叶束。落叶松叶也是线形,但质地柔软,集生于小枝顶端,冬季落叶。

\* 与马尾松易混淆的二针松有油松(叶短果小),黑松(叶短硬,顶芽灰白色),华南松(叶鞘比马尾松长)。

在松科针叶林的生产方面,要进一步发掘适于各地的速生优质树种,包括引种外地和外国的一些适应性强、生长快的针叶树,建造更符合生产要求的经济用材林。

杉科的雄球花,小孢子叶上有 2~9 个花药;雌球花珠鳞与苞鳞合生,每枚珠鳞上有 2~9 个胚珠。我国杉科植物有 5 属,8 种。

杉木属的杉木(图 68)是长江以南主要的人工用材林树种,常绿,叶为线形,螺旋着生于枝上,主杆直,生长快,木质也较好,能以插条进行繁殖。因此,在长期栽培下,产生了许多类型的分化。营造杉木林,要选择适地速生的类型。



图 68 杉 木

1.果鳞 2.种子 3.雄蕊

水杉是我国特产树种(图 69),是稀有的“孑遗植物”<sup>\*</sup>。它是落叶乔木,小枝、线形叶和果鳞都是对生,生长快,树型好,适应性也广,现在各地引种,深受广大贫下中农欢迎,是极有希望的人工用材林树种。



图 69 水 杉

1.雄花序 2.雌球果 3.雄球果 4.种子 5.小孢子叶

柏科有 20 属,145 种,我国有 8 属,42 种,分布广泛,多是常绿乔木或灌木,叶鳞状对生或刺状三叶轮生,球花的大小孢子叶也是对生或轮生。珠鳞上有一至多个胚珠。常见树种如侧柏(图 70),是我国特产,多分布华北的钙质土上,鳞叶对

<sup>\*</sup> “孑遗植物”是在古地质年代里曾经分布很广,因为地质变迁,分布区缩小,仅在十分局限地区残存下来的后代。



生,球果珠鳞对生,木质开裂。桧柏,兼有对生的鳞叶和三枚轮生的刺叶,球果为肉质浆果状,也可用扦插繁殖,有许多供观赏用的栽培变种,如龙柏、红柏、塔柏,多见于各地庭园。在华北黄土地区,可注意发掘速生的柏木,作为人工林的树种。

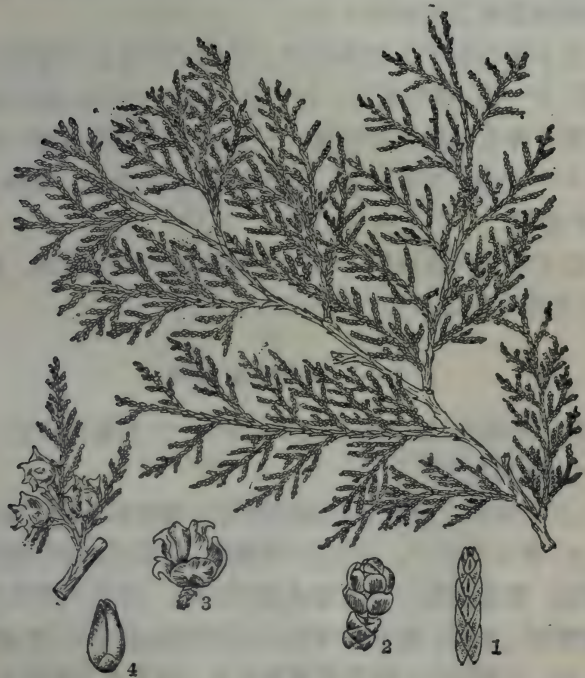


图 70 侧 柏

1. 鳞片叶 2. 雄球果 3. 雌球果 4. 种子

#### 四、被子植物

被子植物又叫有花植物。被子植物的花不同于裸子植物的孢子叶球。孢子叶球的孢子叶都是能育的,形态上无多大变

化。花是由花被(花萼和花冠)、雄蕊群和雌蕊群所构成,雄蕊相当于能育的小孢子叶,雌蕊相当于能育的大孢子叶,构成雌蕊的大孢子叶,也叫“心皮”。花被(花萼与花冠)是退化的不育性孢子叶。裸子植物大孢子叶上的胚珠是裸生的。被子植物的胚珠在雌蕊的封闭子房内。

被子植物配子体极为退化,我们看到的孢子植物体,有根、茎、叶、花、果等器官,各个器官的形态与构造极其多样,适应着各种各样的生存环境。已知的被子植物约 25 万余种,分为 300 余科,1 万余属。我国约有 230 余科,2300 余属,25000 余种。

被子植物门分为双子叶植物纲和单子叶植物纲。纲以下分科,主要依据花果形态(图 99~106)。

## (一) 双子叶植物纲

双子叶植物,胚有两个发育的子叶,叶多是网状脉,花多为 4~5 出数\*。

1. 木兰科 是双子叶植物中最古老的科之一。木本,单叶互生,常绿或落叶。花单生,两性花,花被 3 出数,通常全为花瓣状。雄蕊多数。单雌蕊多数至定数,离生。蓇葖果。分布温带和亚热带。木兰科常见的药用植物有木笔(辛夷)、北五味子、八角茴香。观赏植物有玉兰、白兰花(图 71)、含笑花等。

2. 毛茛科 多年生或一年生草本,单叶或复叶,互生。两性花,辐射对称至两侧对称,花被 3 出数,雄蕊多数。单雌蕊,多数,分离。果为蓇葖或聚合瘦果(图 72)。约 37 属,1700 余种,

---

\* 花 4~5 出数:指构成花的各部分,以 4 或 5 为基数。例如豆类,花萼 5,花瓣 5,雄蕊 10,雌蕊 1。



图 71 白 兰 花

1.雄蕊和雌蕊 2.雄蕊 3.花托和雌蕊

多分布北温带。本科极多药用植物，如乌头、牡丹、芍药、升麻、黄连等。毛茛科多含生物碱，有剧毒。

3. 十字花科 两年生或一年生草本。花两性，花萼 4，花瓣 4，呈十字形，雄蕊 6，4 长 2 短（4 强雄蕊）。果为角果。油菜、白菜、萝卜、甘蓝、大头菜均为本科植物，共 200 属，3000 余种。我国栽培的油菜（图 73），共 4 个种，油白菜，油芥菜，甘蓝（胜利）油菜。各地广泛分布的田间十字花科杂草中，荠菜现已作为蔬菜栽培，蔊菜可提取蔊菜素（已可人工合成），用于治咳嗽。本科富含油料植物种，油中均有大量芥酸。

4. 蓼科 草本，单叶互生，叶柄基部的托叶呈膜质鞘状物（叫托叶鞘）。花两性，稀单性，花单被，3 出数，花被下位，坚



图 72 小 毛 茛  
1.花 2.果实

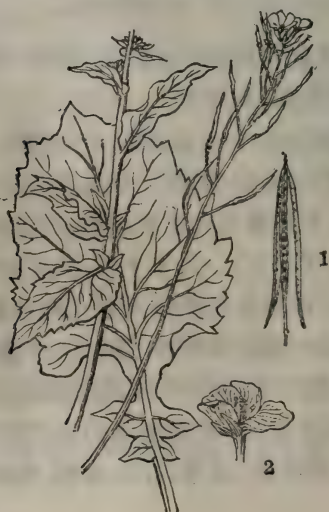


图 73 油 菜  
1.角果 2.花



果或瘦果。如晚秋作物荞麦(图 74), 药用的大黄、何首乌、酸模。蓼属种类多是常见杂草, 如荭草、水蓼、鳶蓼、辣蓼、虎杖等, 均富含蒽醌类成分, 茎叶用作土农药投入粪池, 可杀蛆虫。



图 74 荞 麦

1.花 2.果实

5. 蓼科 草本, 常在茎叶上有白粉, 单叶互生。花小, 绿色, 萼宿存 2~5 裂, 无花瓣, 雄蕊与萼同数, 着生萼上, 雌蕊 1~3 花柱, 胞果或瘦果。多分布盐质土上, 栽培种有甜菜(糖萝卜)(图 75)、菠菜; 野生的藜、地肤等, 可入药; 沙蓬、梭梭柴是西北地区的固沙植物。

6. 葫芦科 多为草质藤本, 常具茎卷须, 单叶互生。花单性, 雌雄同株或异株, 稀两性。花被连合, 花萼 5 裂, 花冠 5 裂, 雄蕊 5 个, 花丝连合, 雌蕊柱头 3 裂, 侧膜胎座。栽培种包括各种瓜类, 如南瓜、冬瓜、丝瓜、西瓜、苦瓜、甜瓜等, 油瓜是



图 75 甜 菜

新发现的油料植物，已在南方引种栽培(图 76)。药用植物栝楼，根入药名天花粉，果名全瓜蒌，种仁名瓜蒌仁，各有不同药效。



图 76 油 瓜

1.花切面 2.果实

7. 锦葵科 棉花是本科棉属植物，栽培的棉共 4 个种，中棉苞全缘，花冠黄色有紫斑；草棉苞的边缘每侧各有 5~8 齿，花冠黄色，中心紫色；陆地棉（图 77）副萼边缘深裂为多数狭长的裂片，花白色或淡黄色，萎谢时转变为红色或紫色，我国各地栽培品种如“岱字 15 号”等，皆属于这个种；海岛棉副萼与苞片分离，有 5 个或较多的粗缺刻，花鲜黄色，染有淡紫晕，长绒棉品种，即属于这一个种。



图 77 陆 地 棉

1. 蒴果 2. 种子切面

锦葵科叶多为掌状单叶或复叶，互生，花两性且大，萼连合，5 裂，萼外有苞片（或副萼），雄蕊无定数，花丝常连合成管，只有一个花药，一室。雌蕊 2~5 心皮，子房 2~5 室，蒴果，

种子无胚乳;子叶褶叠。

本科除棉属外,我国的木棉、苘麻、冬葵(冬苋菜)都是常见的经济植物。马来西亚、印度尼西亚等地的榴槿已在海南岛引种,果实为著名的珍果。

8. 大戟科 常有乳状汁液,叶具托叶,叶基常有腺体。花单性,具单被或无花被,雄蕊少至多数,雌蕊3心皮,子房3室,中轴胎座,种子常有种阜,具油质的胚乳。大戟科约280属,8000余种,包含多种重要经济植物,如三叶橡胶(图78)是割取橡胶的重要资源,原产巴西,我国已在海南岛和云南西南部大面积栽培。油桐、木油桐种子可榨取桐油,是优质的干性油。乌桕种子外有白色脂肪,也可榨油,桕油可供制蜡烛或肥皂。蓖麻种子可榨取蓖麻油,是重要的国防工业原料,叶可饲养蓖麻蚕。木薯是南方热带地区的重要淀粉植物,块根产量



图 78 三叶橡胶

1.花序 2.花



极高。巴豆是有名的峻泻剂。

9. 蔷薇科 许多果树如桃、李、杏、梨(图 79)、苹果、山楂、樱桃,以及许多花卉如蔷薇、玫瑰、月季花、绣线菊都属于本科。本科主要特征是两性花,辐射对称,花被 2 轮,5 出数,雄蕊多数。共 120 属,2500 余种,分为四个亚科。



图 79 秋子梨

1.果枝 2.果实横切面 3.花枝

绣线菊亚科和蔷薇亚科多是观赏植物,也有一些药用植物如金缕子、龙芽草。梨亚科和桃亚科多为果树和观赏树。

10. 豆科 是包含许多重要经济植物的一个大科,约450属,7000 余种。本科植物的一个重要特征是都有豆荚(荚果)。可分三个亚科:含羞草亚科,花辐射对称,雄蕊多数,如合欢、含羞草;云实亚科,花两侧对称,雄蕊 10 个或多数,常分离,如紫荆、皂荚;蝶形花亚科,花两侧对称,蝶形,10 枚雄蕊,其中

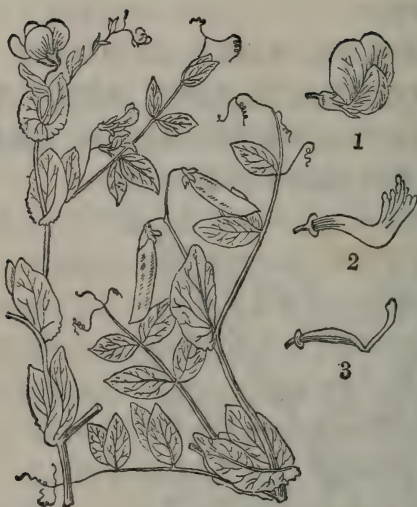


图 80 豌豆

1.花冠 2.雄蕊 3.雌蕊

9 枚花丝合生, 1 枚单生(二体雄蕊); 包括花生、豌豆(图 80)、大豆、绿豆、豇豆、扁豆、蚕豆等栽培豆类 and 紫云英、草木樨、三叶草、苜蓿、猪屎豆、紫穗槐等绿肥植物。蝶形花亚科的鸡血藤、黄耆、甘草、葛藤均是常用药物。

11. 桑科 乔木或灌木, 常具乳液, 单叶互生。花单性, 同株或异株, 花单被, 4

出数, 花柱二裂。主要有家桑(图 81)、无花果以及热带特产面包果(即菠萝蜜)、橡皮树(可提取树胶)。

12. 山毛榉科(壳斗科) 常绿或落叶乔木, 单叶互生。花单性, 雄花常成下垂的柔荑花序, 雌花有具刺的总苞, 宿存, 包被于坚果外, 叫做“壳斗”。我国温带和亚热带阔叶林的优势树种, 主要是本科的栎属(如麻栎、栓皮栎、槲栎), 青岗属(如大叶青岗), 栲属(如红栲), 栗属(如板栗、茅栗)(图 82)。栓皮栎可剥取木栓(软木), 槲栎、麻栎叶可饲放柞蚕, 各种栎与青岗、栲树均是优质硬材, 壳斗富含单宁, 可提取制革工业用的烤胶。

13. 伞形花科 草本, 叶柄抱茎作鞘状。花多为伞形或复伞形花序, 具总苞和小总苞, 花小, 5 出数, 具花盘, 雌蕊 2



图 81 桑

1. 雌花序 2. 雄花序  
3. 雄花 4. 雌花

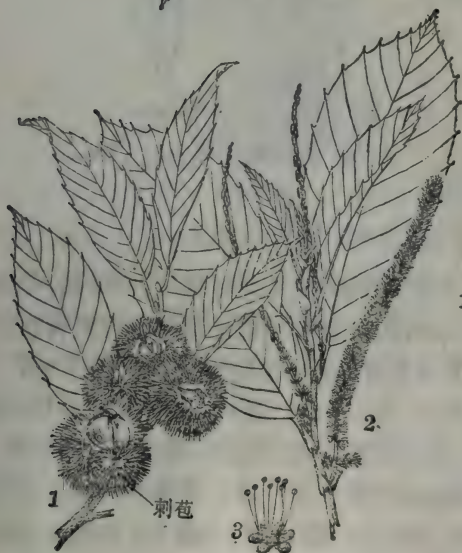


图 82 板栗

1. 果枝 2. 雄花序  
3. 雄花

心皮，花被上位，果为双悬果，果面有纵行的肋和槽。本科极富药用植物种，如当归、柴胡、前胡、防风、川芎、独活、白芷等均以根入药，供蔬食的有胡萝卜、芹菜、茴香(图 83)等。

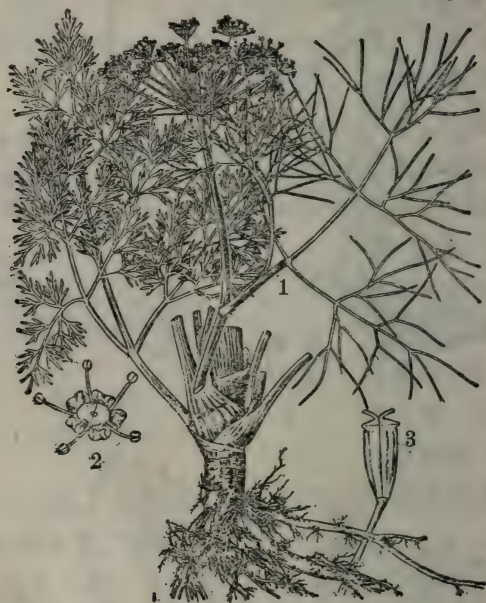


图 83 茴 香

1.花枝 2.花 3.果实

14. 菊科 是被子植物中最大的科，约 900 属，23000 余种，广布全球。本科的最显著特征是都有管状或舌状的合瓣花，花 5 出数，下位子房，多花集生为头状或篮状花序，花序外有总苞，果为瘦果。如向日葵(图 84)的花盘即头状花序，花盘外围有几层绿色的叶状总苞，花盘周缘是无性的舌状花，中央是螺旋状排列的两性管状花，葵花子是向日葵的瘦果。菊科亦多药用植物，如红花、除虫菊、山道年、茵陈蒿、鹤虱、苍



术、泽兰、墨旱莲、蒲公英等。观赏的菊花是我国原产，栽培历史悠久，品种极为丰富。田间杂草中菊科所占比重很大，如蓬、小蓟、紫苑等。

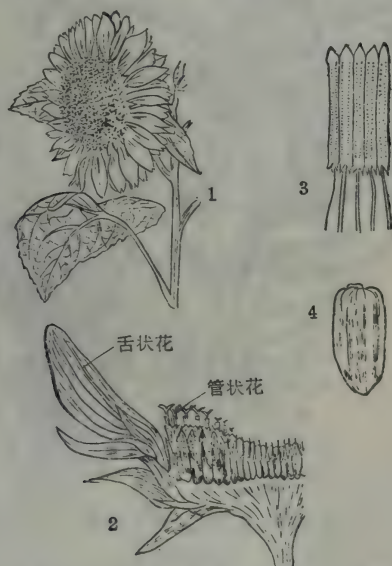


图 84 向日 葵

1.花序 2.花序纵切 3.雄蕊 4.果实

15. 茄科 灌木或草本，单叶互生，花5出数，萼筒与花冠呈钟形，各有5裂片，雄蕊5，雌蕊2心皮，2室，浆果或蒴果。本科极富含经济植物种。如马铃薯(土豆)、烟草(图85)、番茄、茄、辣椒。亦有许多药用植物如颠茄、枸杞、龙葵、莨菪、三分三均含有生物碱。

16. 唇形科 灌木或草本，常含芳香油，茎四棱，叶对生或轮生。花两性，合瓣花冠，唇形，萼5出，冠5裂，雄蕊4，2长2短，或仅2枚，具花盘，子房深4裂，花柱自裂隙中央伸



图 85 烟 草  
1.花枝 2.花苞 3.花切面

出,柱头2裂,成熟时成4小坚果。本科200余属,3000多种,包含许多著名的芳香植物兼药用植物,如妇科药益母草(图86),丹参,消炎药黄芩、紫苏、薄荷、霍香、罗勒、荆芥等。

17. 旋花科 多为草质藤本,常具乳汁,单叶互生。花两性,有总苞,萼分生,花冠合瓣,漏斗状,浅五裂,雄蕊5,着生于花管基部,有花盘,雌蕊2~5心皮,子房2~5室,中轴胎座,蒴果。本科多原产热带。甘薯(番薯)(图87)是多年生蔓性草本,为我国主要杂粮;牵牛花种子入药,叫黑白二丑;蕹菜可作蔬菜;田旋花是常见的杂草;寄生的菟丝子危害大豆(种子入药)。

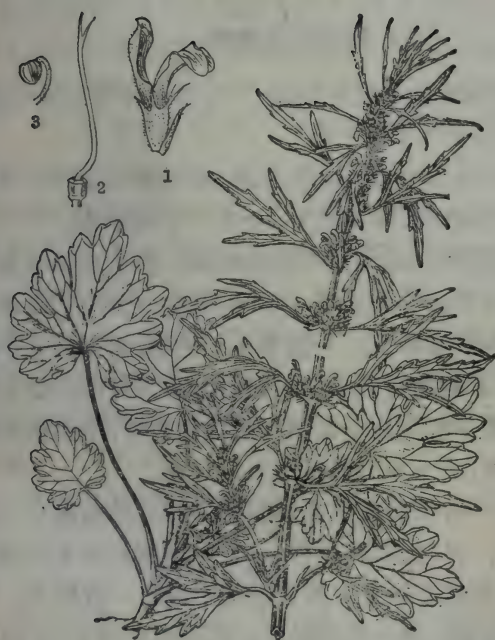


图 86 益母草  
1.花 2.雌蕊  
3.雄蕊



图 87 甘 薯

## (二) 单子叶植物纲

单子叶植物纲胚仅一个发育的子叶, 叶多为平行脉, 花多为 3 出数。

1. 禾本科 约 600 属, 6000 余种, 是与农牧生产关系最大的一个科。谷类作物, 禾草牧草, 全是禾本科植物。

禾本科植物根为纤维状丛生的须根系, 地上部分有具节的秆, 秆的节间中空或为髓充满。单叶, 互生, 叶鞘裂开, 多有叶耳、叶舌。叶的纵脉平行。一般草本的种类, 秆基部几个茎节(分蘖节)的叶腋侧芽可形成近地面的分蘖。有时, 也可产生地下的走茎(地下茎), 地下走茎有退化的鳞叶, 节上生不定根, 鳞叶腋部的芽, 出土亦可形成地上的分蘖。

禾本科的共同特征是有颖花和颖果。颖花的基部有一具芒或无芒的苞片, 叫做外颖(外稃), 与外颖相对的有一内颖(内稃), 着生于短的花柄上, 小花柄的中央是一枚雌蕊, 柱头 2~3, 子房一室, 一个基生胚珠。围绕雌蕊有 3~6 枚雄蕊, 雄蕊与外颖间, 有 2~3 个微小的肉质鳞片(浆片)。这种颖花, 是退化的 4 轮花, 内颖相当于外轮花被, 浆片相当于内轮花被。颖花多为两性花, 亦有单性花。

颖花常集生于秆的顶部分枝上, 称为花穗, 或穗状花序。花序包括穗轴、穗轴分枝和着生于穗分枝上的小穗。每个小穗包含 1 至多个颖花。如果穗轴上直接着生许多小穗, 叫做总状的穗状花序。穗轴上有多次的穗轴分枝, 小穗散生于穗轴分枝上, 叫做圆锥形穗状花序。每个小穗的基部, 往往有 1 至几个苞片, 叫做护颖。

禾本科分为竹亚科和禾亚科。竹亚科秆木质, 有地下走茎(竹鞭), 走茎上的芽(笋)有革质箨叶(笋壳), 箨叶在笋萌



发后常脱落。秆的各节都可有1~2个分枝，分枝上的叶鞘下面有小柄。禾亚科的秆均为草质，一般不具地上分枝，叶无柄，只具叶鞘。

(1) 竹亚科：秆木质，叶有柄，花两性，通常无芒，浆片3个，雄蕊3~6枚，雌蕊柱头2~3个。我国长江以南各省产竹百余种，都有经济价值。主要栽培的竹林多是刚竹属的毛竹、刚竹、淡竹。箬竹属的箬竹，在江南常成天然竹灌林。

刚竹属：秆分节生2枝，箨叶早落，雄蕊3个，雌蕊有羽状柱头3个。毛竹秆长10~25米，径粗可达20余厘米。笋味美，新竹有白粉，小枝顶生2~3叶。刚竹(图88)秆形较小，径粗约10余厘米，高6~20米，小枝顶生叶3~4片。笋带苦味。

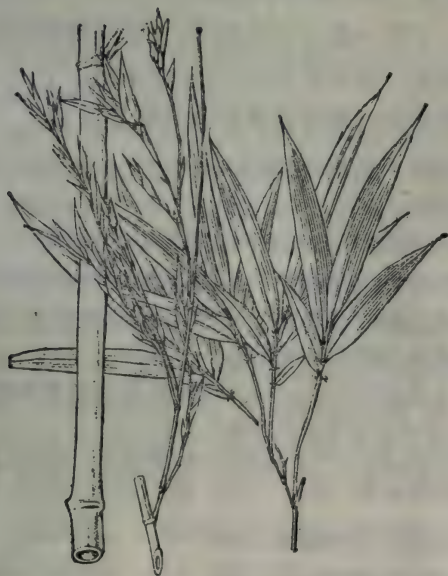


图 88 刚 竹

箬竹属：矮小多枝，竹灌丛，秆上每节生 1~3 个分枝，箬宿存，叶鞘的口部有粗糙黑色刚毛，叶大，雄蕊 3，雌蕊具 2 羽状柱头。常见种为阔叶箬竹，叶长 12~33 厘米，宽 2.5~6 厘米，可供做笠帽、船篷。

(2) 禾亚科：秆草质，一年生或多年生，叶无柄。根据小穗特性，分为早熟禾系，包括大麦族(大麦、小麦、冰草等属)，狐茅族(狐茅、芦苇等属)，虎尾草族(龙爪稷、蟋蟀草等属)；以及黍系，包括稻族(水稻属)，黍族(稗属、谷子属)，蜀黍族(高粱、玉米、甘蔗等属)。

早熟禾系：小穗含多花或 1 花，多少有些两侧压扁，脱节于护颖之上，如有不孕花，常位于可孕花的上方，小穗轴向上延伸为刚毛或小柄，突出于内颖之上。

黍系：小穗一般为 2 朵颖花，通常呈背腹压扁，成熟时连护颖一同脱落。如有不孕花，位于可孕花之下。

禾本科栽培作物的各属检索可参见下表：

1. 小穗多花或 1 花，常呈两侧压扁，脱节于护颖之上，不孕花常位于可孕花的上方。
  2. 小穗无柄或近于无柄，排列为总状的穗状花序。
    3. 穗轴各节，小穗单生，小花侧面对轴……………(1) 小麦属
    3. 穗轴各节，小穗 2~3 个，小花腹面对轴……………(2) 大麦属
  2. 小穗有柄，圆锥形穗状花序……………(3) 燕麦属
1. 小穗含 2 花或仅 1 花，多为背腹面压扁，或呈圆筒形，脱节于护颖之下，如有不孕花位于可孕花之下。
  2. 小穗的护颖消失，或残留在小穗柄顶端，呈两个半月形的构造。
    3. 颖花两性，两侧压扁，具脊……………(4) 稻属
    3. 颖花单性，圆筒形或微压扁……………(5) 菰属
  2. 小穗的两枚护颖发达，有时第一护颖小或缺。

3. 可孕花外颖质地坚韧, 比护颖厚。
  4. 花序中无不育性小枝, 小穗轴不延伸至小穗顶部。
    5. 开展的圆锥花序 ..... (6) 黍属
    5. 小穗位于穗轴分枝的一侧, 成为半边的总状花序, 穗轴分枝是圆锥状 ..... (7) 稗属
  4. 花序中有不育性的刚毛状小枝, 小穗轴延伸至小穗顶部成小尖突
    5. 小穗脱落后, 刚毛宿存 ..... (8) 粟属
    5. 小穗与刚毛一齐脱落 ..... (9) 珍珠粟属
3. 外颖及内颖膜质透明, 比护颖薄。
  4. 小穗颖花单性, 雌穗与雄穗位于不同花序, 或花序上的不同部位。
    5. 雄小穗位于总状花序上部, 雌小穗位于下部, 包藏在叶鞘所变成的佛焰苞内 ..... (10) 薏苡属
    5. 雄小穗与雌小穗为不同花序, 圆锥状雄花序顶生, 柱状雌花序胎生, 具有鞘苞 ..... (11) 玉蜀黍属
  4. 小穗两性, 或一个花序上有可孕与不孕小穗。
    5. 小穗均可孕, 形状相同 ..... (12) 甘蔗属
    5. 小穗可孕或不孕, 形状不同 ..... (13) 高粱属

各类粮食作物在不同栽培条件下, 往往存在许多不同的类型或品种。根据植物系统分类, 这些作物的品种或品种类型, 有的是属于同一自然物种(如水稻), 有的是分属于不同的物种(如小麦), 有的包括多个不同的属(如粟类、麦类)。在杂交育种工作中, 需要了解各类作物的系统亲缘关系。

1) 麦类作物: 麦类包括小麦、大麦、燕麦和黑麦。它们分属于4个不同的属。小麦和大麦在我国栽培地区较大, 燕麦、黑麦仅局限分布在西北与西藏地区。

小麦属: 栽培小麦包括许多种, 在我国和世界各国栽培

面积最大的是裸粒的普通小麦\*。

表 4 小麦属的主要种

组 系		一粒小麦系	二粒小麦系	普通小麦系
染色体数目		$2n=14$	$2n=28$	$2n=42$
野 生 种		野生一粒小麦	野生二粒小麦	—
栽 培 种	带壳的	一粒小麦	二粒小麦 提摩非小麦	斯卑尔脱小麦 莫迦小麦
	裸粒的		硬粒小麦 圆锥小麦(佛手麦) 埃塞俄比亚小麦 伊朗(波斯)小麦 波兰小麦	普通小麦 密穗小麦 印度矮小麦

小麦种的分系是依据小穗结实特性，一粒小麦系小穗有 2 花，1 花结实；二粒小麦系小穗多花，常仅基部 2 花结实；普通小麦系小穗 4~5 花，可结 2~3 或多个麦粒，穗形最大。

我国北方与内蒙古有硬粒小麦和波兰小麦集中分布，四川、云南有圆锥小麦，云南、甘肃、新疆有密穗小麦。印度矮小麦是培育矮秆麦的原始材料，提摩非小麦与莫迦小麦可作抗病杂种材料。

普通小麦有春麦和冬麦(秋播)，我国长城以北为春麦区；长城以南、长江以北为冬、春麦区；长江以南主要为冬麦区。

\* 据 1957 统计，我国各地征集的 5346 个小麦品种，有 96.5% 属于普通小麦这个种，被分为 86 个变种。



大麦属：我国大麦栽培面积仅次于水稻、小麦、玉米。主要分布青藏高原(春大麦)和长江流域(冬大麦)。

大麦属共 30 余种，栽培大麦为一个种(图 89)，分为二棱大麦亚种、中间型大麦亚种和多棱大麦亚种。



图 89 大 麦

1.三个小穗 2.小穗 3.小花

二棱大麦每个穗轴节上的 3 小穗，仅中间一个小穗结实；多棱大麦则 3 个小穗都能结实(六棱大麦)，或一个中间一个侧边小穗结实(四棱大麦)；中间型大麦穗节上能结实小穗数不一定，介于两者之间。

二棱或多棱大麦都可分为带壳的(即通常的大麦)和裸粒的(叫做裸麦或元麦)两类，各包括许多品种。有人认为，栽培

大麦起源于野生二棱大麦;也有人认为六棱大麦为原始类型,四棱和二棱是因小穗退化而产生,尚无定论。

燕麦属: 本属有 16 个一年生种,其中主要的栽培种有两个,一个是普通带壳燕麦和普通裸燕麦(又叫油麦或莜麦),栽培燕麦的始生种野燕麦是常见的麦田杂草。燕麦在我国局限地栽培在西北地区和康藏高原,多春夏之交播种,秋季收割。

黑麦属: 栽培种仅一个,我国仅在西北山区有少量栽培。

2) 粟类作物: 是粱、粟、黍、稷等各类圆形小粒谷物的总称,包括许多个属种。

粟属: 栽培粟只一个种(图 90),分为两个亚种: 粱亚种,果穗长而下垂,小穗松散,这即是古称的“粱”,又叫秠粟,谷子、小米是华北与西北的主要杂粮。另一个是粟亚种,果穗粗



图 90 粟

短，直立或微倾。栽培粟的始生种狗尾草是常见的田间杂草。

梁粟极耐旱耐瘠耐盐碱，农谚说“只有青山干死竹，未见地里旱死粟。”在我国西北干旱地区栽培面积很大。

黍属：栽培种是黍稷。原产我国北方，是一种极古老的谷类作物。分为黍和稷两型。稷（图 91）的果序大，分枝松散，秆无毛，谷粒质地比较不粘。黍的果序紧凑，分枝倾向于一侧，秆有毛，质很粘。稷在我国北方也叫做糜子，谷粒颜色有红、黄、白、黑等不同。黍在古书上也分为丹黍、黑黍、黄黍、白黍。



图 91 稷

此外，粟类作物中还有穆子，又叫龙爪粟、鹰爪稗，穗形似野生的杂草牛筋草，我国西南少数民族有少量栽培。珍珠粟

又叫御谷、蜡烛稗，花序密生如圆筒，仅在河北少量栽培。湖南稷子是稗属的一个变种，穗较野生稗短而密，略扁，微弯。

### 3) 稻谷类作物：

稻属：我国栽培的各种稻都属于同一种栽培稻。它们起源于华南的野生稻(图 92)，染色体都是  $2n=24$ 。

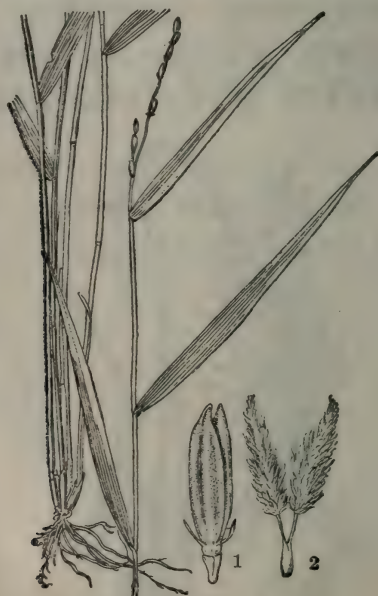


图 92 野生稻

1. 小穗 2. 雌穗

栽培稻(图 93)中分为两个亚种：籼稻性态与野生稻较接近，粳稻性态与野生稻相差较大。

籼稻和粳稻有生育期长的晚稻族，生育期短的早稻族和介于之间的中稻族之分。

早、中、晚稻族以下，可分为陆稻和水稻两个亚族。各亚





图 93 水 稻

1.小穗 2.小穗轴

族又可分为粘稻和糯稻两个群。群以下是许多品种。

我国水稻栽培已有 4、5 千年的历史，品种资源极为丰富，近年来又选育出许多优质高产品种，估计品种总数已经超过 27000 余个。

亲缘上与稻属最近的是菰属，也叫茭白，中国茭白古名菰。稻与菰都有大的圆锥花序，雄蕊 6 个，雌蕊有 2~3 个羽状柱头，食用家茭白是感染黑穗病的菰的膨大基秆。野生菰如不感病即不结茭白。

高粱属：本属包括 30 多个一年生和多年生的种，栽培高粱是一个一年生的种，有人认为起源于野生高粱。栽培高粱

(图 94)分两个亚种：散穗高粱和密穗高粱，前者穗松散，穗分枝长，后者穗分枝短，花序密集，且常下垂。生产上有另外的分法，一是茎秆高大有甜汁的叫做芦粟；一是秆矮无甜汁的叫做高粱，也叫蜀黍、秫秫、芦稷。高粱也有粳、糯之分，品种类型很多。近年来，我国利用雄性不育推广杂交高粱，栽培面积迅速扩大，产量不断提高。

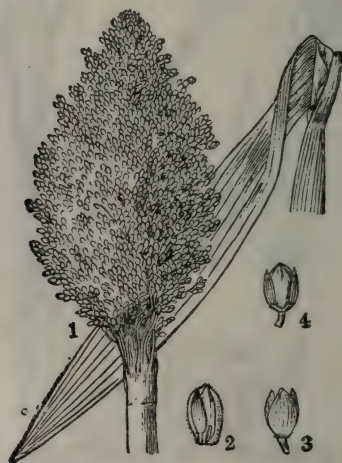


图 94 高 粱

1. 叶片与花序    2. 孪生小穗  
3. 三小穗背面    4. 三小穗腹面

玉蜀黍属：栽培的玉蜀黍也叫玉米(图 95)，是和小麦一样的世界性高产作物。在我国栽培历史虽只 400 多年，但面积仅次于稻、小麦，分布于全国各地。玉米的品种分类，一般以籽粒胚乳中淀粉的分布和籽粒形态、有无颖片，分为 9 个品种类型：硬粒型，马齿型、半马齿型，糯质型，爆裂型，粉质型，甜质型，有稃型和甜粉型。其中糯质型是在我国形成的。在

各型之下再分为早、中、晚熟等品种类型。



图 95 玉 米  
1.雌花序 2.雄花序

玉米属只有一个栽培种，它的来源有不同说法，有人认为玉米是从一种拟玉米与高粱属的一野生种（尚不知名）杂交来的。也有人认为玉米与拟玉米有共同祖先，是从拟玉米分化而来。

薏苡，又叫苡仁米，与玉米有一定亲缘，其籽仁供药用。

2. 百合科 多年生草本，常具根状茎和鳞茎，稀为木本。单叶互生，花两性，3 出数，花被 6，2 轮，萼为花瓣状，雄蕊 6，雌蕊 3，心皮合生，子房 3 室，中轴胎座，胚珠多数，花柱分离或连合，蒴果或浆果。

百合科约 200 属，3000 余种，分为百合亚科，天门冬亚科，葱亚科，菝葜亚科。

(1) 百合亚科：具鳞茎，蒴果，花单生，大而美丽，多观赏和药用植物，如百合(图 96)、贝母。



图 96 百 合

(2) 天门冬亚科：常具根状茎，浆果，总状花序，花小，多白花。甚多药用植物，如黄精、天门冬、藜芦。

(3) 葱亚科：具辛辣的葱蒜味，多有鳞茎，伞形花序，花序着生于无叶的花茎上，花序下有总苞。如葱、蒜、洋葱、韭菜。

(4) 菝葜亚科：灌木或半灌木的藤本，叶具网状脉，通常有棘刺，叶柄有托叶卷须，单性花，异株，伞形花序，浆果。如



菝葜多种可入药。

3. 棕榈科 高大木本，茎杆不分枝，叶丛生顶端，羽状或掌状，形大，叶基有纤维鞘(棕皮)。花单性或杂生，集生于大的肉质花托上，外有大的佛焰苞。花3出数，浆果或核果，种子有胚乳。约140属，1200余种，分布热带。极多经济植物种，如棕榈(图97)、蒲葵、椰子、海枣(伊拉克枣)、油棕、槟榔等。



图97 棕 榈

1. 杆 2. 花序 3. 雌花 4. 雄花 5. 果实

4. 兰科 多年生草本，具根茎或块茎，还有腐生和附生的种类，单叶互生，叶基有鞘。花单生或穗状花序。两性花，两侧对称，花被6，2轮，内轮中间的一瓣变为唇状，有时呈囊状或距状。通常仅雄蕊1~2枚，花粉粘结成块(花粉块)，虫媒、鸟媒传粉，花柱与雄蕊合生，叫花蕊柱，子房下位，蒴果，种

子细小。共 500 属, 15000 种, 主要分布热带、亚热带。多观赏和药用, 如白芨(图 98)、石斛、天麻、春兰等。



图 98 白 芨

1.花瓣 2.柱头 3.花粉块 4.蒴果

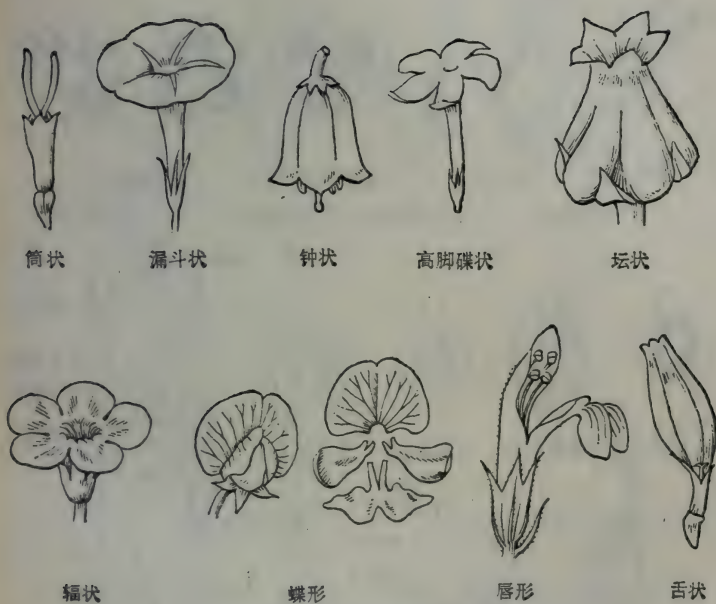


图 99 花冠的排列方式

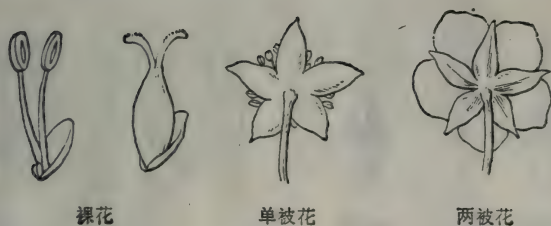


图 100 单生花的类型

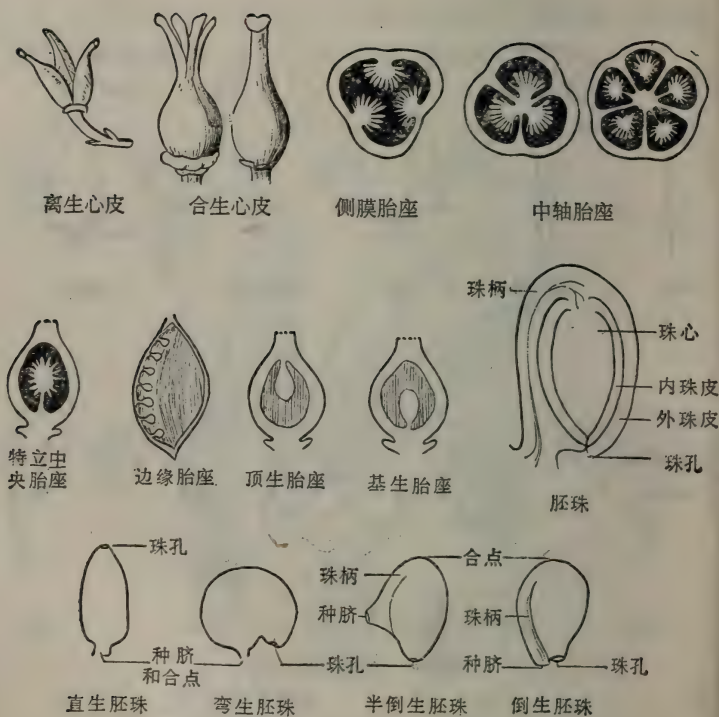


图 101 胎座和胚珠的类型

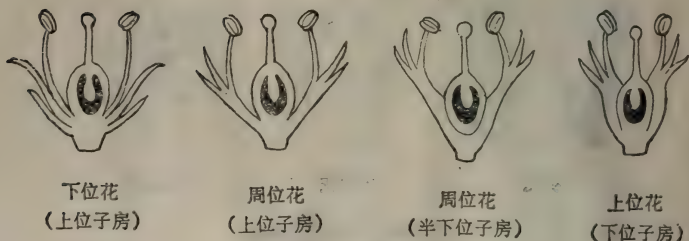


图 102 子房的类型





二强雄蕊



四强雄蕊



单体雄蕊



冠生雄蕊



纵裂



瓣裂



孔裂



两体雄蕊



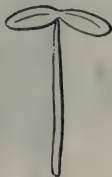
聚药雄蕊



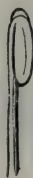
丁字着药



个字药



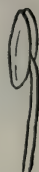
广歧药



全着药



基着药



背着药

图 103 雄蕊和花药的类型及花药的开裂方式



穗状花序



总状花序



圆锥花序



肉穗花序



头状花序



图 104 花序的种类(一)



复伞形花序



伞形花序



聚伞花序



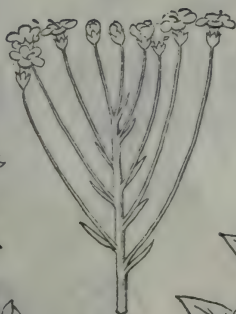
轮伞花序一节



轮伞花序



聚伞圆锥花序



伞房花序



蝎尾状聚伞花序

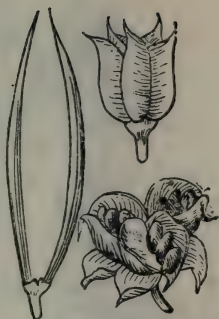
图 105 花序的种类(二)



聚合果



聚花果



蓇葖果



荚果



蒴果



长角果



短角果

图 106 被子植物果实的种类(一)





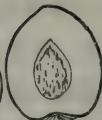
瘦果



颖果



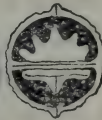
翅果



双悬果



瓠果



核果



双悬果



浆果



梨果

图 107 被子植物果实的种类(二)

## 动 物

动物是生物界的一个最大类群,遍布地球的各个地方,海洋、陆地、江河湖泊是它们的主要生活场所,空中也有它们的踪迹。

动物的外部形态、内部构造及其代谢类型,尽管表现出千差万别的多样性,但总归有它的同一性。例如动物细胞就有它的特点,与植物细胞相区别。动物的组织、器官系统比之植物尤为复杂;胚胎发育的各阶段,更有它自身的共同特点。一般说来,动物的最主要特点,是它营异养生活。这就是说,它们不象绿色植物那样能将无机物通过光能的作用,合成有机物来营养自己,而只能以植物或其他动物为食料。因此就具有适应于这种生活的机能构造,如神经系统、感觉器官、运动器官、消化系统、排泄系统等,它们有敏捷的感应,强烈的运动能力,要从外界摄取食料,也必须把废物排除体外。

动物体的体形和构造对于它所生存的环境来说,都表现了生物的高度适应性。如鱼适于水中潜游;鸟适于空中飞翔等等。而动物的各器官系统之间,又是彼此关联,互为协调,成为统一的整体;各器官系统的形态构造与生理机能之间,更是息息相关,具有高度的统一性。掌握这些特性,就能帮助我们更好地认识动物的生活规律。

这部分内容包括:“动物体的构造”,“动物的繁殖与胚胎发育”,“动物类群”。前两部分着重哺乳动物,联系家畜方面的实际

问题，介绍一些基本知识。“动物类群”注意到进化发展的分类系统，并从生物学角度联系生产实际。动物与人的利害关系是多方面的，其中家畜、家禽、鱼、昆虫、寄生虫尤其突出，故列为这部分内容的重点。在自学中，我们要注重“矛盾的普遍性即寓于矛盾的特殊性之中”，“任何一般只是大致地包括一切个别事物”等辩证法的应用，通过掌握这些基本知识，在三大革命运动的斗争中，提高分析问题和解决问题的能力。

## 动物体的构造

### 一、动物的组织

动物体是由细胞和非细胞形态的生活物质——细胞间质组成的。形态、功能、来源相似的细胞群和细胞间质构成组织。

高等动物的组织较复杂，根据形态结构、功能的不同，可分为上皮组织、结缔组织、肌肉组织和神经组织四类。动物的器官系统均由这四类组织构成，所以又叫做基本组织。

#### （一）上皮组织

通常分布在动物体表面或体内各种管、腔、囊状器官的临界面。有机体与外界环境的物质交换、新陈代谢都要通过上皮组织来实现。上皮组织主要是由一层或多层上皮细胞紧密排列而成，细胞间有少量细胞间质，并以一层极薄的细胞间质形成的基膜与结缔组织相隔。有的上皮细胞下陷入结缔组织中形成具分泌机能的腺上皮(图 108)。上皮组织具有保护、吸收和分泌等功能。如表皮角质化后很坚固，可以保护深部

组织不受机械、化学的损伤和细菌侵袭；肠壁上皮吸收营养；腺体上皮能分泌多种物质，如汗液、乳汁、消化酶、各种激素等。

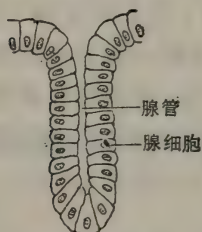


图 108 腺上皮

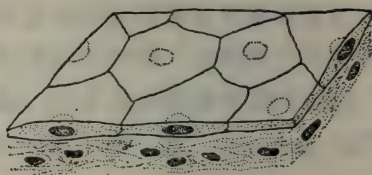


图 109 单层扁平上皮

根据上皮细胞的层次、排列，可分为单层和复层上皮；根据细胞的形态，又可分为扁平、立方和柱状上皮。如血管上皮为单层扁平上皮(图 109)；小肠内壁上皮为单层柱状上皮(图 110)，甲状腺上皮为单层立方上皮(图 111)；皮肤的表皮是复层扁平上皮(图 112)。还有一种复层上皮，其细胞形态和层次都随器官的机能活动而改变，如膀胱内壁上皮，当膀胱积尿胀大时，上皮变薄，细胞层次减少，细胞变为扁平状，排尿后，膀胱收缩，上皮变厚，细胞层次增加，细胞变为圆形，这种形态、层次随机能状况不同而改变的上皮组织叫变移上皮(图 113)。由此可见，组织的形态与机能是有密切关系的。

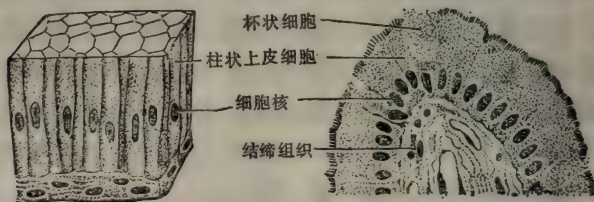


图 110 单层柱状上皮



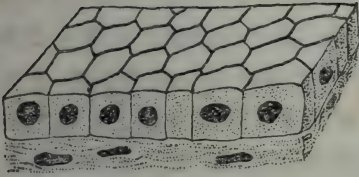


图 111 单层立方上皮

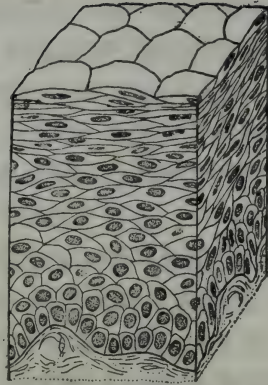
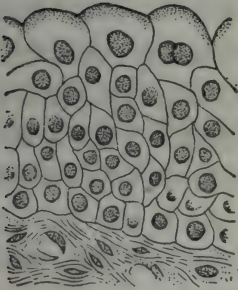


图 112 复层扁平上皮



收缩状态



扩张状态

图 113 变移上皮

## (二) 结 缔 组 织

结缔组织由较少的细胞和较多的细胞间质组成。细胞分散于间质中，细胞间质包括纤维与含糖类较多的基质。基质的物理化学性质不同，可为液体、不同粘度的胶体和固体。纤维分为胶原纤维、弹性纤维与网状纤维，可增加组织的韧性和弹性。纤维分散在基质中。结缔组织分为具有营养、保护、修复功能的疏松结缔组织、网状结缔组织和血液；具有联系、支持功能的致密结缔组织、软骨与骨组织。

1. 疏松结缔组织 猪腿的皮与肌肉之间可见到有白色

柔软粘滑的一层，这就是疏松结缔组织。这类组织常分布于动物体内组织、器官之间。

疏松结缔组织的细胞间质分基质与纤维。基质主要是粘多糖类的胶状物，还有一部份是血管中渗出的组织液，基质有运送养料和代谢产物及阻止病原菌扩散的作用。纤维主要是胶原纤维，还有少量的弹性纤维和网状纤维。胶原纤维为白色，由细丝状的胶原原纤维成束排列而成。胶原原纤维不分支，具明暗相间的横纹，抗拉力强，抗弯曲力小，主要成份是胶原硬蛋白。弹性纤维为黄色，由宽  $350 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-8}$  厘米) 的弹性原纤维构成，原纤维无横纹，彼此连接成不规则的网格，弹性强，抗拉力小，主要成分为弹性硬蛋白。网状纤维平时不易见到，必须用银盐处理才能显示，对拉力与弯曲力都有弹性，纤维交织成网状，是柔软细胞的支架。有人认为它是胶原纤维的前身。

疏松结缔组织的细胞成份，主要有成纤维细胞、组织细胞、浆细胞、肥大细胞、脂肪细胞(图 114)。

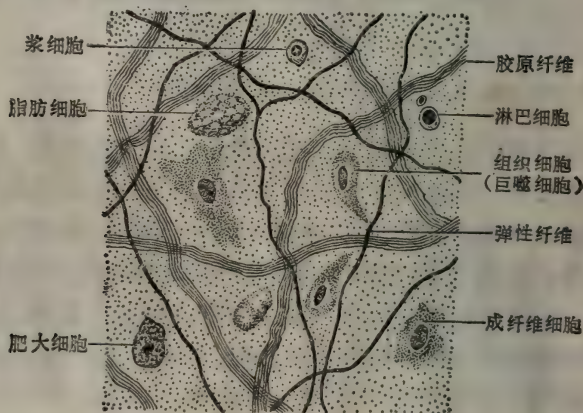


图 114 疏松结缔组织

**成纤维细胞：**为扁平多突起细胞，核大而圆(或卵圆)，核染色质细网状，染色浅，有明显核仁。细胞分裂能力强，与纤维形成有关。

**组织细胞：**也叫巨噬细胞，形状不规则，核较小，结构致密，核染色深，能吞噬侵入组织内的细菌和异物，胞质中常含有大量异物颗粒，因而对机体有保护作用。

**浆细胞：**细胞圆形或卵圆形，核常位于细胞一侧，核外有一淡区，核染色质粗块状，位于核膜下，呈车轮辐射状排列。浆细胞能产生抗体，与免疫有关。

**肥大细胞：**圆形或卵圆形，胞质中常充满脂类或脂蛋白类的特殊颗粒，与肝素的产生有关，肝素是抗凝血物质。

**脂肪细胞：**圆形或卵圆形，胞质中含大量脂滴，核被脂滴挤在一侧。脂肪细胞在猪的皮下大量聚集就成为猪的“肥肉”；猪的“板油”是脂肪细胞在腹腔结缔组织聚集的结果；“网油”是脂肪细胞在肠系膜中聚集而成；此外，在肾脏、肾上腺、心脏的外表也常有脂肪细胞聚集。脂肪组织是动物机体重要的能源贮备所，也有保暖、缓冲压力的作用。

**2. 致密结缔组织** 基本组成与疏松结缔组织相似，但基质少，纤维多，细胞夹在纤维之间(图 115)。根据纤维性质与数量的不同分为两种：一种是致密胶原纤维组织，如肌腱、韧带，以胶原纤维为主，纤维平行排列，而肌膜、骨膜等，胶原纤维与细胞则呈薄膜状排列；另一种为致密弹性纤维组织，如项韧带、声带、脊柱背侧的黄韧带等，主要由粗大的弹力纤维组成，组织坚韧，能承受机械压力，故有支持保护作用。

**3. 网状结缔组织** 这是一种较原始的结缔组织，有较大的分化潜力。它是组成脾脏、骨髓、淋巴结等造血器官的基本组织。由网状纤维、无色透明胶状基质、淋巴细胞和网状细胞

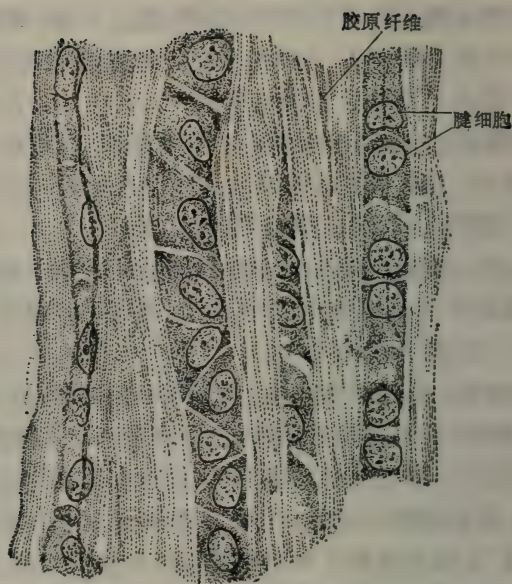


图 115 致密结缔组织

组成。网状细胞为多突起星状细胞，核大，核仁明显，是一种较原始的细胞(图 116)。在某些生理和病理情况下，可转化为



图 116 网状结缔组织



血细胞、巨噬细胞和成纤维细胞，能起补充血液、吞噬异物和修补伤口的作用。

4. 软骨和骨组织 软骨与骨构成骨骼系统，有保护和支撑作用。

(1) 软骨组织：哺乳动物胚胎时期均为坚韧而具弹性的软骨，成体则渐为骨代替，仅在骨端、关节面、椎骨间、气管、耳廓、腹侧肋骨、胸骨、会厌等处仍有存留。软骨组织也是由细胞、纤维和基质组成。基质为凝胶状固体，主要成分为软骨粘蛋白与软骨硬蛋白。纤维为胶原纤维与弹性纤维。软骨细胞卵圆形或圆形，位于基质的陷窝内，每个陷窝内有 1~8 个细胞(图 117)。软骨表面有致密结缔组织构成的软骨膜，软骨膜有保护和营养软骨的功能，并有再生软骨组织的能力。

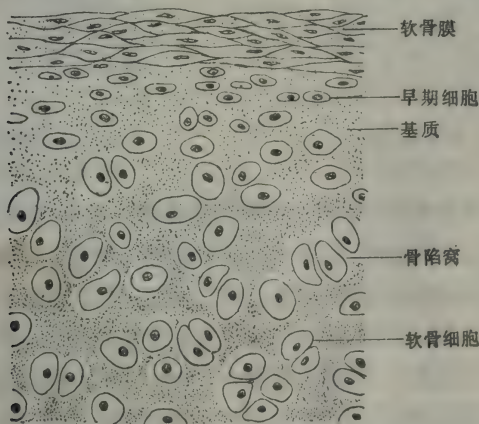


图 117 软骨组织

(2) 骨组织：骨的基质为坚硬的固体，内含 65% 无机钙盐、氯离子、钠离子等，其余 35% 是以骨蛋白为主的有机成分。纤维为与胶原纤维相似的骨胶纤维。骨细胞为多突起细

胞(图 118), 位于基质的骨陷窝内, 骨陷窝有许多骨小管彼此相通, 骨细胞的突起便位于骨小管内, 细胞突起也彼此相连。由基质、纤维和骨细胞构成骨板和骨小梁。

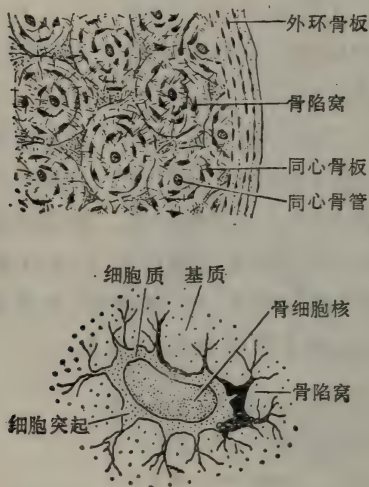


图 118 长骨横切磨片(上)  
和骨细胞(下)

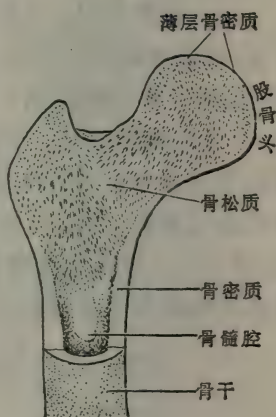


图 119 股骨构造

长骨由骨组织和伸入骨组织的血管、神经、淋巴管构成。长骨表面为坚硬的骨密质, 内部为疏松的骨松质(图 119)。骨密质主要由整齐排列的骨板构成, 骨松质主要由不规则排列的骨小梁构成。长骨两端骨密质薄, 骨松质发达; 骨干部骨密质厚, 骨松质少。骨髓腔位于骨干中央和骨松质的空隙间。骨外与骨髓腔表面有结缔组织构成的骨膜, 骨膜有造骨功能。内外骨膜下均有数层平行排列的骨板, 叫外环骨板和内环骨板。内外环骨板内侧是许多同心排列的骨板系统, 每个系统中央有一骨管, 是神经、血管的通路(图 120)。同心骨板系统之间不规则排列的骨板叫骨间板。

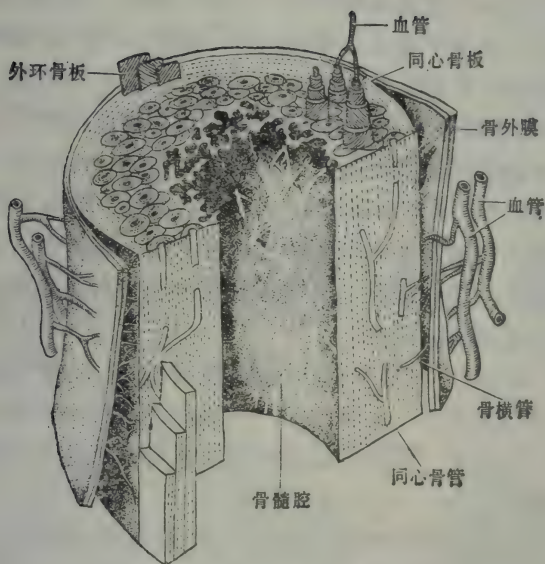


图 120 长骨构造模式图

## 5. 血液和淋巴

(1) 血液：存在于血管系统，运行于全身，可分为有形的血细胞、血小板和无定形的细胞间质——血浆。血液中各种成份的比重不同，沉降速度也不同，沉降后可明显地分为两层，上层为淡黄色透明液，叫血浆，底层为深红色，为红血细胞，两层间有极薄的一层灰白层，这是白血细胞与血小板。临床上将红血球的沉降速度作为某些疾病的诊断参考，也可作为兽医诊断的参考。

1) 血浆：含大量水份、球蛋白、清蛋白、纤维蛋白原、酶、碳水化合物、营养物、代谢产物、激素、抗体和无机盐等。纤维蛋白原呈溶解状，血管破裂时可形成凝血纤维，与血凝有关。

除去纤维蛋白原的血浆叫血清，相当于基质。血清中盐份浓度约相当于 0.9% 食盐溶液的浓度。因此 0.9% 食盐溶液又叫生理盐水。血细胞在低渗溶液中要吸水膨胀而破裂，这叫溶血，在高渗溶液中要失水皱缩，只有在等渗溶液中才不受破坏。各种动物的等渗食盐溶液浓度稍有不同，如猪为 0.9%；牛为 0.936%；羊为 0.978%；马为 0.927%，鸡为 1.025%。

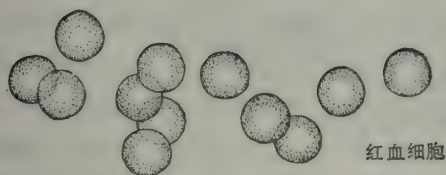
正常人或动物血清中各种成份含量有一定范围，在病理情况下常发生明显变化，医学和兽医学上常用测定血清中某些成份含量来诊断疾病。

2) 血细胞：血液中有红血细胞与白血细胞（图 121, 122）。正常情况下，人和动物一定体积的血液中各种细胞的数目有一定范围。因此，测定血细胞的数目也可作为诊断某些疾病的参考。

红血细胞：即红血球，是高度分化的细胞，数量极多。每毫升血中，红血细胞正常男人为 400~500 万个；女人 350~450 万个。家畜的含量为：猪 600~800 万，牛 500~800 万，马 700~950 万，绵羊 600~1100 万，骆驼 1360 万，鸡 350 万。

哺乳动物成熟的红血细胞一般为圆形，无细胞核，骆驼与羊驼为卵圆形。非哺乳动物多为卵圆形，有细胞核。红血细胞胞质中含有大量由血红素与球蛋白结合而成的血红蛋白，故呈红色，血红蛋白能携带和释放氧和二氧化碳。肺吸入的氧除少量溶于血浆外，大部与血红蛋白结合，经血液循环带到身体各组织的微血管中，放出氧以供细胞需要。带氧血红蛋白鲜红色，无氧血红蛋白紫红色，故动脉血红色，静脉血紫红色。组织中产生的二氧化碳扩散到血液中，少量与水结合成碳酸，部分形成碳酸盐存于血浆中，大部与血红蛋白结合成碳酸血红蛋白，带到肺内进行气体交换，放出二氧化碳。每 100

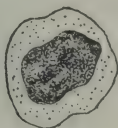




红血细胞



单核细胞



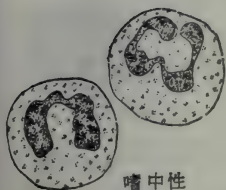
大淋巴细胞



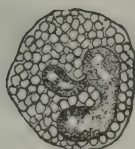
中淋巴细胞



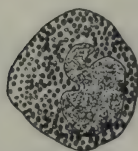
小淋巴细胞



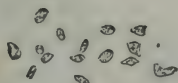
嗜中性  
白血细胞



嗜酸性  
白血细胞



嗜碱性  
白血细胞



血小板

图 121 猪 血 细 胞

毫升血中血红蛋白含量正常男人为 12~15 克，女人 10.5~13.5 克。家畜含量牛为 8~11 克，猪 10.2 克。红血球数和血红蛋白含量低于正常范围时，可能有贫血。

白血细胞：即白血球。哺乳类的白血细胞比红血细胞大（鸡、蛙红血细胞大于白血细胞），数量比红血细胞少，每毫升

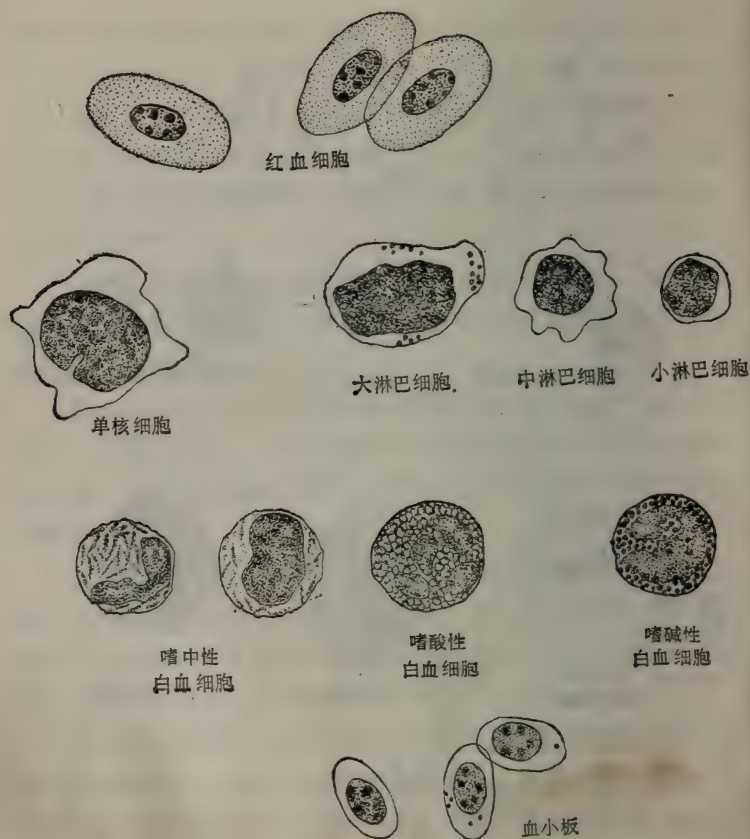


图 122 鸡血细胞

血中，正常人为 4000~8000 个，家畜中猪为 15~20 万个，牛 5000~10000 个，马 8000~9000 个，绵羊 8000~10000 个，鸡 3~4 万个。

染色涂片上白血细胞可分为五种：

嗜中性白血细胞——人的嗜中性白血细胞占白血细胞总数的 55~70%，各种家畜则为 26~70%。细胞圆形，直径为

7~15微米,核分叶,年老细胞分叶更多。胞质中有特殊染色颗粒。在食肉类(猫、狗)、猪、灵长类,这种颗粒可为中性染料染成淡紫红色;在马和反刍动物,为酸性和碱性染料着色;兔子为酸性染料染成红色,鸡的嗜中性细胞在细胞质内含嗜酸性杆状颗粒,因此兔和鸡的嗜中性细胞又称为假嗜酸性。嗜中性白血细胞能做变形运动,有吞噬能力,炎症时数目增多,常为炎症存在的诊断依据。

嗜酸性白血细胞——占白血细胞总数:人为2~5%,各种家畜为1~10%。核分2叶,细胞直径8~20微米,胞质中含粗大的嗜酸性颗粒,马的特别大。人畜患寄生虫病时,细胞数目增多,如羊可高达40%。

嗜碱性白血细胞——占白血细胞总数:人为0.5~1%,各种家畜为0.1~5%。核亦分2叶,胞质中含粗大的嗜碱性颗粒,其功能尚不明确,特异性蛋白注入血内或维生素乙缺乏时,其数目增多。

以上三种白血细胞质内均有易被染色的特殊颗粒,称为颗粒白血细胞。此外还有两种没有易被染色的颗粒的白血细胞,称为无颗粒白血细胞。

淋巴细胞——为无颗粒细胞,占白血细胞总数:人为20~30%,各种家畜为23~60%。细胞圆形,体积大小不一,直径4.5~18微米,核大,圆形或扁圆形,胞质少,淡蓝色,在血管内无吞噬能力,炎症时可游出血管吞噬外物。能产生抗体。

单核细胞——无颗粒,占白血细胞总数:人为2~8%,各种家畜为0.9~10%。细胞体积最大为10~20微米,静止时细胞圆形,核肾形或马蹄形,染色较淋巴细胞浅,胞质多,胞质中有时有嗜天青颗粒、脂滴和嗜碘颗粒。吞噬能力强,炎症时活跃。

白血细胞总数和各类白血细胞百分比常作为临床诊断的

参考。

血小板：为血中有形成分，体积小，椭圆形或不规则，外周淡蓝色，中央紫红色，血管破裂时可放出凝血激酶，使血液中的凝血酶原放出凝血酶，而使纤维蛋白原变为纤维蛋白，使血液凝固。血小板减少时，常有出血性紫癜。每立方毫米血液中，正常人血小板数为  $10\sim 30$  万个，动物为  $15\sim 30$  万个。鸟类血小板为纺锤形细胞，含圆形细胞核，很像红血球，细胞质呈嗜碱性，细胞质内常含几个深染色颗粒。

(2) 淋巴：淋巴和血液一样，沿管道运行全身，这种管叫淋巴管。淋巴由淋巴浆和淋巴细胞、单核细胞组成。淋巴浆主要是由液态的血浆通过微血管渗到组织间隙去形成的组织液组成。因此淋巴与血液关系很密切。

### (三) 肌 肉 组 织

肌肉组织是由肌细胞和结缔组织组成。肌细胞细长，呈纤维状，称肌纤维。细胞具收缩力，机体各部动作都靠肌肉的收缩与松弛来实现，肌肉的收缩与松弛是靠神经支配的。肌肉组织根据形态、功能、分布不同可分为平滑肌、横纹肌和心肌三种。

1. 平滑肌 细胞长梭形，细胞膜薄，不明显，核一个，位于细胞中央，胞质中有极细的收缩丝，叫肌原纤维，肌原纤维无横纹(图 123)。肌纤维之间有少量结缔组织。平滑肌分布于内脏器官壁内，如气管、消化道、血管壁上，肠胃蠕动、血管收缩



图 123 平 滑 肌



扩张都是平滑肌活动的结果。平滑肌活动不受意志控制，故又名不随意肌。

2. 横纹肌 细胞为细长圆柱状，细胞膜明显，富弹性，核多个，多位于细胞膜下，胞质中也有肌原纤维，原纤维上有明暗交替的横纹(图 124)，故名横纹肌。每个肌纤维外有结缔组织包围。许多肌纤维外又有较厚的结缔组织包围，形成肌束膜。结缔组织中有血管神经分布，以营养和调节肌纤维的活动。横纹肌多附着在骨骼上，故又名骨骼肌。通常猪的“瘦肉”(精肉)即横纹肌。横纹肌收缩快，但不持久，动物体四肢的动作都靠横纹肌完成。由于横纹肌的活动受意志支配，故又名随意肌。

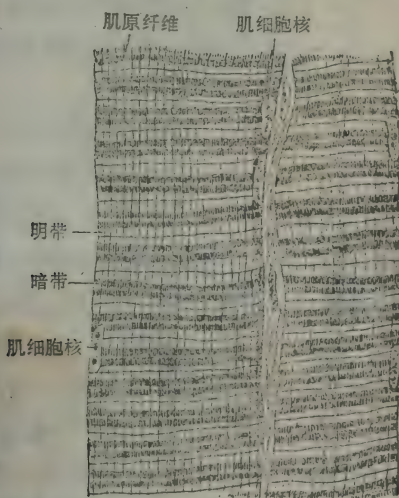


图 124 横纹肌

3. 心肌 心肌是心脏特有的组织。肌纤维较短而分支，互相连接呈网状，核 1~2 个位于中央，胞质中含肌原纤维，肌原纤维具不明显横纹，肌纤维膜薄，不明显。心肌纤维上还具

一种特殊的横纹，叫间板，这是相邻两心肌细胞分界的地方（图 125）。正常情况下，心肌具有节律性的收缩，心肌活动不受意志支配，也属不随意肌。

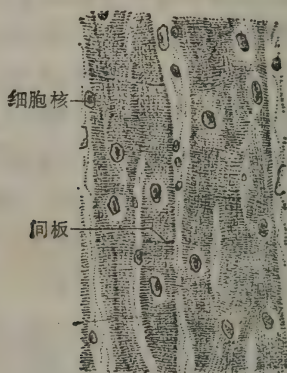


图 125 心 肌

#### （四）神 经 组 织

神经组织主要由神经细胞和神经胶质细胞构成。神经细胞能感受刺激，产生兴奋，传导兴奋。神经胶质细胞有多种，对神经细胞起支持、保护、营养和修补作用。神经组织构成神经系统，以协调全身的生理机能活动，使成统一整体。

1. 神经细胞 神经细胞又叫神经原，为高度分化的细胞，分布于脑、脊髓的灰质和神经节中，是构成神经系统的机能单位。神经细胞有细胞膜，一个大的细胞核，核内有 1~2 个清晰的核仁，胞质中有神经原纤维。神经细胞向外伸出两种突起，一种接受冲动，并将它传到细胞体，叫树突。树突分支多而短，呈树枝状，一个细胞有多个树突。另一种突起将冲动传出细胞体，叫轴突。轴突细而长，分支少，且多在远端，一个神经

原只有一条轴突(图 126)。神经细胞大小不一,一般为 5~120 微米,突起长短也各异,由几微米至几十厘米,由头至腰部。神经原按其功能分为感觉神经原(传入),运动神经原(传出),联络神经原。

神经纤维主要是神经原发出的树突和细长的轴突构成。神经纤维结构包括轴索、髓鞘和神经膜。许多神经纤维集成束,形成中枢神经系统的神经通道和周围神经系统的神经干,即通常所谓的神经。

轴索由神经原纤维构成,它与细胞内的神经原纤维相连续,外有轴索膜包裹。轴索膜贯穿神经纤维,末端穿出髓鞘,成为赤裸的神经末梢,轴索膜即神经细胞膜的一部份。神经末梢分布于器官和组织中,分感觉和运动末梢两种,前者能感受刺激,并将感觉传到中枢,后者分布于肌肉或腺体,控制肌肉收缩和腺体分泌。

髓鞘是包在轴索外的一层类脂质,形成管鞘状。反光性强,有白色光泽,有的髓鞘可分节,每

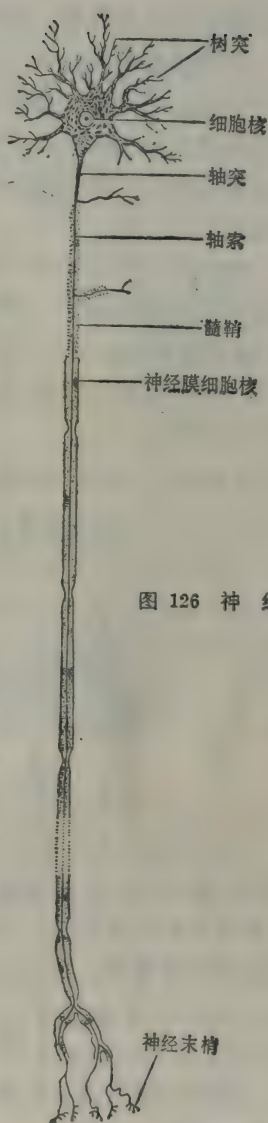


图 126 神经

节间的连续处无髓鞘。轴突如有分枝多在此分出，称侧枝。

神经膜也叫神经衣，中枢神经纤维上没有，只有周围神经纤维有。它是由一层连续而透明的圆筒状的神经胶质细胞和神经膜细胞构成，包在髓鞘的外面，形成管状外套。每个神经膜细胞具一长圆形的核。神经膜的功用是支持神经纤维和绝缘。

神经纤维根据髓鞘与神经膜的有无分成两类（图 127）：有髓神经纤维具轴索、髓鞘和神经膜，分布于脑神经、脊神经、脑和脊髓的白质中；无髓神经纤维的结构与有髓神经纤维相似，但轴索外无髓鞘，如交感、副交感神经中的纤维多是无髓神经纤维。

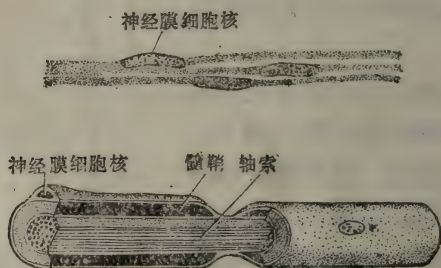


图 127 神经纤维

上: 无髓神经纤维 下: 有髓神经纤维

**2. 神经胶质细胞** 包围在神经细胞体和神经纤维外，无传导冲动能力，只起支持、保护、营养和修补作用。包在神经纤维外面时叫神经膜。在断肢再植中神经膜对神经纤维的再生起着引导作用。

## 二、动物的器官系统

器官由不同类型的组织综合构成，具有一定形态生理特



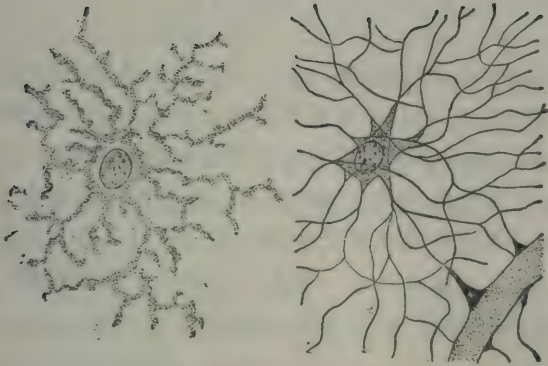


图 128 神经胶质细胞

征。心、肺、肠、胃等均为器官。各器官的生理机能之所以能够顺利地进行，是由于形成器官的各组织综合活动和协作的结果。以动脉管为例，它是由四类基本组织所构成的。上皮组织形成最内层(管腔)的内皮，起保护作用；结缔组织则有支持联系的作用；平滑肌有收缩舒张的作用；神经纤维则有接受刺激和调节动作的作用。这些组织的机能各不相同，而作为一个器官的组成成分来说，它们都是一个器官的统一整体而不可彼此分割。

在形态上有相似特征的许多器官构成系统，能完成某一连续性的生理机能。如血液循环系统的心脏、动脉、静脉是三种不同的器官，但管壁均可分为三层结构，并能共同完成血液循环的生理机能。

哺乳类的器官按其生理机能可分为：皮肤、肌肉、骨骼、消化、呼吸、循环、排泄、生殖、神经、感觉器官、内分泌等十一个系统。有的器官具有几种机能，因而同时从属于不同系统。

## (一) 皮肤系统

皮肤与外界环境直接发生关系，对外界条件的变化反应敏锐，在动物生活中具有重要意义。哺乳类的皮肤有保温和保护作用，使内部器官组织得以保持正常生命活动和免受外界机械、化学伤害和微生物的侵入，并有防止体内水分蒸发、调节体温、排泄废物和感受冷、热、痛、压、触等感觉机能。

1. 皮肤的基本构造 哺乳类的皮肤富有皮肤腺，并具有毛和其他角质构造，分表皮和真皮两层(图 129)。

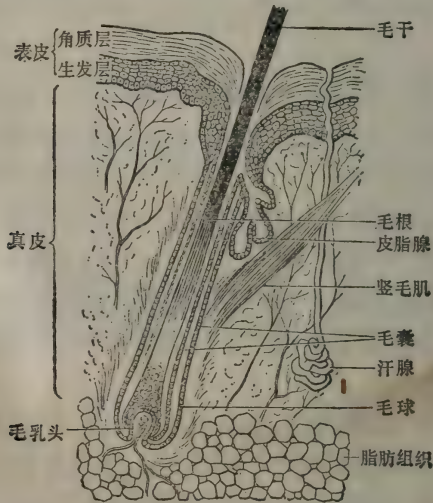


图 129 哺乳动物的皮肤构造

(1) 表皮: 包含多层细胞，但基本上可分为角质层和生发层。角质层是皮肤最外一层，包含多层已死亡的扁平角质化细胞。细胞内充满角蛋白(角质)，不溶于水，故有防止体内水分过度蒸发和使外界水分不易侵入体内的作用。角质化细胞

可经常脱落,由生发层不断补充。生发层在角质层下面,紧贴着真皮,由数层活的细胞构成,有分裂增生能力。生发层细胞内常含有黑色素蛋白质颗粒,皮肤因黑色素含量不同,色泽也不同。黑色素能吸收紫外线,使内部组织不受其伤害,故有保护作用。不同种哺乳类和身体不同部分具有不同厚薄的表皮,在易受外压和摩擦的部位,角质层都比较厚。

表皮无血管,其营养来自真皮。

(2) 真皮: 比表皮厚,是构成皮肤的主要部分,主要由致密结缔组织构成,有很大的坚韧性。真皮分为乳头层和网状层。乳头层连接生发层,形成许多乳头状突起,内含有微血管和感觉神经末梢。猪的乳头层乳头较大,所以猪皮革粒面就比较粗。人手掌及足底的乳头层排列成行,形成细致的纹路,有增加皮肤摩擦力的作用。网状层主要由粗大而交织成网的纤维束所构成,含有较大的血管、淋巴管、神经、毛根、汗腺、皮脂腺和竖毛肌等。猪牛等家畜的皮革主要是皮肤的真皮部分。真皮下面有疏松结缔组织,或叫蜂窝组织,为哺乳类所特有,通常含有相当多的脂肪组织。猪长膘主要是指这部分脂肪积累得多的意思。水栖哺乳动物(如鲸类)和冬眠的动物(如獾)皮下脂肪特别厚。一般哺乳类冬季皮下脂肪贮集量较夏季为多。皮下脂肪是动物的营养物质,同时又有御寒保温作用。水栖哺乳类的皮下脂肪并有减轻身体比重的作用。皮下组织分布有较大的血管和神经。皮脂腺、汗腺和毛根有时也深入此层。

2. 皮肤衍生物 哺乳动物的毛、爪、角、蹄、汗腺、皮脂腺、乳腺等都是由表皮的生发层所产生的,可分为两类: 角质构造和皮肤腺。

(1) 角质构造:

1) 毛: 毛为哺乳类所特有,主要有保温和保护作用。每

根毛可分为两部：露在皮肤外面的部分叫毛干，埋在皮肤里面的部分叫毛根。毛干外层有许多小突起，有小钩作用，使毛能保持紧密。毛干角质细胞内含有色素。毛干中央空隙有保温作用。寒带兽类的毛，毛干的空隙特别发达。毛根通常伸到真皮层，其周围有鞘、毛囊。毛根底部末端膨大，叫毛球，由生发层细胞所组成。毛球基部里面是毛乳头，属于真皮，内有神经和血管。毛的生长是由毛球的细胞不断增生补充的结果。毛脱落后由这些细胞再产生新的毛。近毛根上端有皮脂腺，皮脂腺下面有一束平滑肌叫竖毛肌，收缩时使毛直竖，同时对皮脂腺基部造成一定的压力，因而引起后者释放油脂以滋润毛发和皮肤。

毛分粗毛和绵毛两种。粗毛俗称枪毛，长而粗硬；绵毛俗称绒毛，短密而细软，处在粗毛下面，两者构成毛衣。猪的粗毛一般三根为一簇排列着，最长的在颈背部及背脊上，俗称猪鬃。有的动物只有绵毛（如细毛羊、鼯鼠）。一般兽类则具备绵毛和粗毛。寒带的兽类毛衣较为密长。同一种兽类，冬季毛衣也比夏季的长和密。有的水栖哺乳类毛衣完全退化（如鲸、海牛）。

毛到一定时期，即行脱落，更换新毛，这种现象叫换毛。在温带和寒带的哺乳动物，通常一年换毛两次，即春季和秋季。毛衣的更换是逐渐进行的。换毛是对季节气候变化的一种适应。研究和掌握毛皮兽的换毛规律在生产实践上具有重要的意义。

除一般的毛以外，还有触毛（须）和刺，均为毛的变态。刺有防卫作用。触毛是触觉的辅助器官，往往生在头部前端，口边及眼睑等处，感觉极为灵敏。

2) 其他：其他角质构造有爪、指（趾）甲、蹄、角、鳞等，



也都是表皮的衍生物(鹿角例外)。爪有攻防、捕食和挖掘功用。指(趾)甲和蹄都是爪的变态。角一般分为洞角和实角,是攻防器官。洞角是空心的角,不分叉,不脱换,雄性的角比雌性的发达(如牛、羊等)。实角主要包括鹿角和犀角。鹿角是真皮衍生物,属骨骼构造,分叉。一般仅雄鹿有角,通常每年脱换一次。刚生出的角外面包着一层皮肤,密布血管,这种角称为鹿茸,以后继续生长,皮肤干燥脱落,只剩坚硬的骨质部分。鹿茸是贵重的药物,有促进代谢的作用。犀角由表皮形成,不更换。有些哺乳动物具有角质鳞(如穿山甲等)。

(2) 皮肤腺: 皮肤腺主要有皮脂腺、汗腺和乳腺等。

1) 皮脂腺: 是囊状腺体,一般开口于毛囊,分泌油脂,以润滑皮肤和毛发,使其柔软,不致干燥和被水浸湿,并能减少体热的散失。油脂中含脂肪酸,具有杀菌作用。

2) 汗腺: 是简单的管状腺体,底部蜷曲成团,末端开口于皮肤表面或毛囊(图 129)。汗从血管渗入汗腺,含有尿素、钠盐和乳酸等,但所含水分较尿的为多。汗腺主要是体温调节器官。猪的汗腺在颈部、枕部、蹄间及乳腺的外围最多,而且大。毛衣厚的哺乳动物汗腺通常集中在一定部位。例如,猫、狗、鼠类只局限于足底和鼻尖;兔只限于口唇和鼠蹊部;鹿在尾基部;反刍类在口部。

3) 乳腺: 是汗腺演变而来的,一般具有乳头。乳腺通常呈囊状。乳头可分为真乳头和假乳头。前者乳腺管的许多小孔开口于乳头顶端(如猪、兔、猴等),后者乳腺管开口于总乳沟之中(如有蹄类、食肉类)。单孔类只有乳囊,而无乳头。乳头数目随动物而异,一般为 1~14 对。猪为 4~10 对,以 7 对者较多;牛为 2 对。乳头多寡是决定生殖力强弱的因素之一。雌性繁殖时期,乳腺分泌乳汁哺育幼仔。乳汁主要含有水

分(约 90%)、蛋白质、乳糖、脂肪和少量无机盐等营养物质,其中蛋白质对于幼仔的生长速度有密切关系。马乳蛋白质含量约占 2%,牛 3.5%,绵羊 4.9%,猪 5.1%。

此外,如臭腺或香腺等,也都是皮肤腺,通常位于肛门附近,在交配期特别发达。麝、河狸、灵猫等香腺是重要的香料,麝香并可制药,有兴奋神经和活血舒筋的作用。

## (二) 肌肉系统

哺乳类的肌肉系统极为发达和复杂化。身体肌肉大部分属于骨骼肌,分布在体壁、四肢、头部、颈、舌、咽、横膈及眼球等部,受脑神经或脊神经支配。哺乳类身体约有 450~500 块骨骼肌,每一块肌肉都有血管和神经通入,其两端借腱或扁阔的腱膜附着于骨骼的骨膜上,一端为肌起(起点),另一端为肌止(着点)。起点是在骨骼接近体轴的一端,当肌肉收缩时,不能移动骨骼的位置。着点则在离体轴较远的另一块骨上,当肌肉收缩时就能引起这块骨的运动(图 130)。

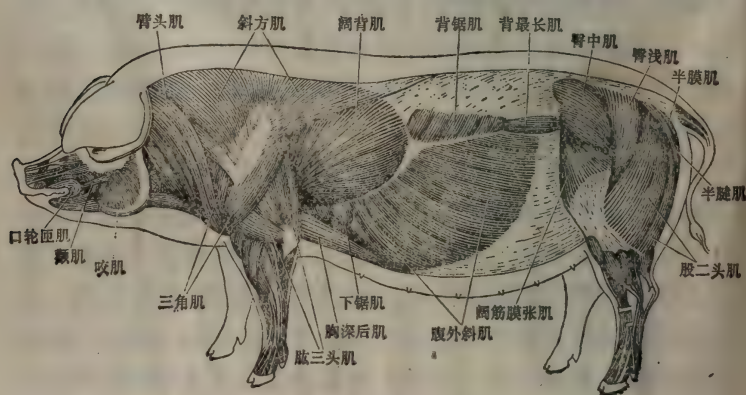


图 130 猪的肌肉系统

骨骼肌在机体内的分布依其形状可分为短肌、阔肌、括约肌和长肌等。短肌多见于躯干深层肌肉，如肋间肌等。阔肌分布在腹、头、颈、背等部分，如腹肌、肩胛肌等。括约肌是环绕孔裂的肌肉，如口、肛门和眼眶的括约肌，有控制孔裂的作用。长肌多分布在四肢上，收缩时能产生较大幅度的运动。

哺乳类和其他脊椎动物一样，其行走、奔跑、跳跃、爬行、游泳、飞翔等运动，都和骨骼肌的伸缩有密切的关系。每一种动作几乎都包含至少两个相对肌肉的协调与配合作用。例如胫部胫前肌收缩时，后面的腓肠肌松弛，足即弯屈；反之，足即伸直。肌肉这种有伸缩的对立矛盾作用叫做颞颥作用，如果没有这种作用，机体就不能运动。

哺乳类所特有的横膈也属骨骼肌，它构成胸腔的底部，略为向前(上)穹。横膈肌的伸缩可改变胸腔容积，有助于肺的呼吸。

皮肤下面的肌肉叫皮肤肌，也是一种骨骼肌，能使皮肤活动。牛马等动物靠皮肤肌的收缩，使皮肤扭动以驱除蚊、蝇的叮扰。猪的皮肤也相当发达，主要分布在面部和胸腹之间。

### (三) 骨 骼 系 统

哺乳类的骨骼有软骨和硬骨之分。软骨较少，见于耳、鼻、喉头、气管、肋骨等处。硬骨是身体骨骼的主要组成部分，简称骨。哺乳类身体的骨约有 200 余块。每一块骨外面包有一层骨膜，里面有骨髓，并有神经、血管分布。

骨骼主要有下列功用：(1)支持体形；(2)保护内部器官；(3)提供肌肉附着面积，并作为肌肉运动支点，在运动中起杠杆作用；(4)与成体制造血球有密切关系。

1. 骨的种类 根据骨骼的形状大体可分为长骨、短骨和扁骨三种类型。

长骨主要在四肢。每一根长骨的中间部分叫骨干；两端膨大叫骺，含有软骨和呈网状结构的骨松质(图 131)。骨干由坚硬的骨密质构成，中有空腔叫髓腔，内有骨髓，幼体时为红骨髓。血管自同心骨管通入。红骨髓是造血器官，产生红血细胞和白血细胞。成年时红骨髓只限于两端的骨松质内，髓腔内主要是黄骨髓，系脂肪组织。



图 131 骨的构造

短骨见于脊椎及前肢的腕骨和后肢的跗骨等。它的外面是一层较薄的骨密质，里面是骨松质和红骨髓。骨松质尤为发达，有分散骨所承受的重量的作用。几块短骨在一起，承担的重量就更分散。此外，短骨还具有较大的灵活性，如腕骨和跗骨。

扁骨如肩胛骨、胸骨、肋骨和颅骨等，结构与短骨一样，也



有红骨髓,其功用主要是保护内部器官,并提供肌肉较大的附着面积。

骨的生长与骨膜及骨的软骨部分有密切关系。例如长骨两端的软骨不断生长,不断骨化(变为硬骨),骨就增长,一直到软骨停止生长,完全骨化,骨就不能再增加长度。骨的横径的增大是由于骨膜的细胞增添新的骨质的结果。

2. 骨骼的区分 哺乳类的骨骼系统和其他脊椎动物的一样,可分中轴骨骼和附肢骨骼两大部分(图 132)。

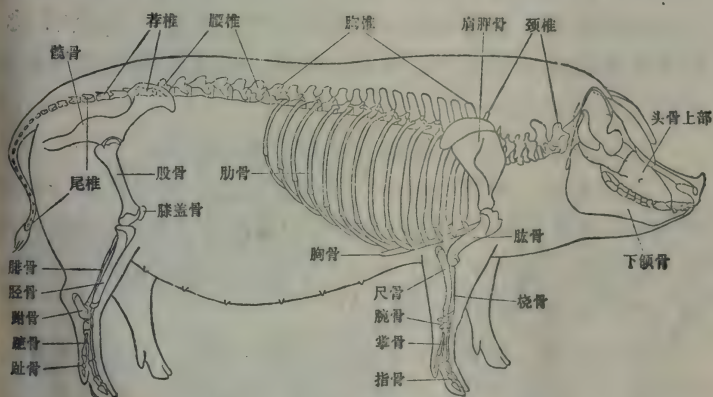


图 132 猪的骨骼系统

(1) 中轴骨骼: 包括头骨、脊柱、胸骨和肋骨。

脊柱: 为一系列脊椎连接而成。分颈、胸、腰、荐、尾 5 部分。相邻的脊椎中间有一软骨垫叫椎间盘,可以减少脊椎之间的摩擦。脊柱的功能主要是使躯干劲直,支持头部,保护脊髓和脊神经,以及供肌肉附着。不同部位的脊椎构造有所差别,数目也不一样。哺乳类颈椎一般都是 7 枚。胸椎与肋骨相连,数目随种类而异,猪为 14~15 枚;牛为 13 枚;马 18 枚。腰椎,猪、牛、马为 6 枚。荐椎是几枚脊椎愈合而成,猪 4 枚,

牛 5 枚。尾椎,猪 20~23 枚,牛 17 枚,马 18 枚。

胸骨: 包括若干骨,排成一行。

肋骨: 成对,一端与胸骨相关节,另一端与胸椎相关节。胸椎后部几根肋骨不直接与胸骨连接。肋骨成对的数目与胸椎数目相等,如猪是 14~15 对。肋骨与胸骨、胸椎构成胸廓,保护心脏和肺。

头骨: 包含颅骨和面骨两部分,各由几块骨所构成。颅骨后端一块骨叫枕骨,当中有一孔,称大孔,脊髓由此通出。大孔两侧各有一枕髁与第一颈椎相关节,所以头才能转动。面骨主要包括上颌和下颌等部分骨骼。头骨的功能主要是保护脑和感觉器官。

(2) 附肢骨骼: 包括胸肢骨骼和腰肢骨骼。

胸肢骨骼: 包括肩胛骨、锁骨和前肢各部分骨骼。肩胛骨扁阔,锁骨呈棒状,前肢运动较为灵活的种类(如猿猴),锁骨比较发达。猪、牛、羊、马均无锁骨。前肢骨包括肱骨、桡骨、尺骨、腕骨、掌骨和指骨。

腰肢骨骼: 包括髌骨和后肢各部分骨骼。左右髌骨各由三块骨(髌骨、坐骨、耻骨)愈合而成。左右耻骨在腹面中线形成耻骨联合。左右髌骨与荐椎形成骨盆,这是哺乳类适应胎生所特有的构造。在分娩时耻骨联合能适当分离,有利于胎儿出生。后肢骨包括股骨、膝盖骨、胫骨、腓骨、跗骨、蹠骨和趾骨。

#### (四) 消化 系 统

消化系统包括消化道和消化腺。消化道包括口、口腔、咽、食道、胃、小肠、大肠和肛门。消化腺有唾液腺、胃腺、肠腺、肝脏和胰脏(图 133)。

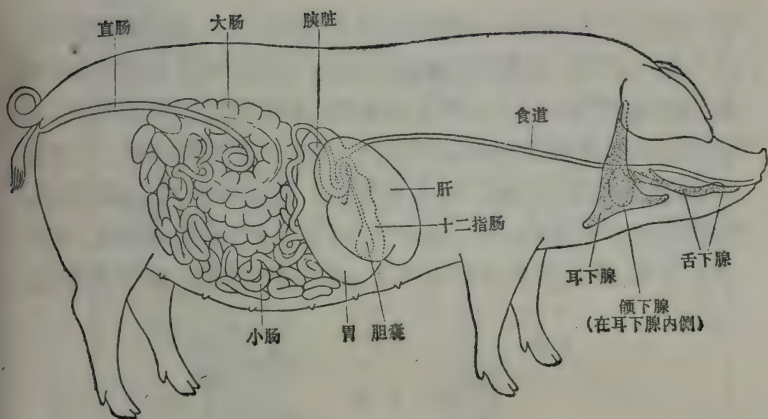


图 133 猪的消化系统

## 1. 消化器官的构造和机能

(1) 口与口腔：哺乳类的口与其他动物不同，具有肉质能动的唇。口腔有腺体、舌及牙齿等器官。口腔顶部为腭，将口腔与鼻腔隔开，分前后两部，前面有骨的部分叫硬腭，后面部分无骨，叫软腭。在吞咽时软腭将鼻腔封闭住，使食物不会进入鼻腔。口腔壁有许多粘液腺，并有三对唾液腺：耳下腺（也叫腮腺）是最大唾液腺，位于耳壳之下；颌下腺在下颌后部；舌下腺较小，在舌的下面。唾液腺均有管通入口腔。粘液腺所分泌的粘液及唾液腺的唾液有润湿食物、防止口腔干燥和冲淡进入口腔内的有害物质的作用。唾液一般含有唾液淀粉酶，能将淀粉分解为麦芽糖，另外还含有微量的麦芽糖酶，可分解麦芽糖为葡萄糖。犬、马及猫科动物没有唾液淀粉酶。

哺乳类的牙齿分化为门齿、犬齿、前臼齿和臼齿，各有不同功用，主要用来捕食、攻防、衔咬、撕裂、切断和磨碎食物等。

每一牙齿可分为齿冠和齿根两部分(图 134)。齿冠露在齿龈的外面,由釉质(珐琅质)和齿质构成。釉质约含 96% 的无机盐(主要是钙盐)和 4% 的有机物质,是全身最坚硬的物质,有保护齿质免受磨损和伤害的作用。齿质是牙齿的主体,约含有 70% 的无机盐和 30% 的有机物质。齿质似骨,但比骨坚硬。齿根生长在齿槽内,由一层骨质(叫白垩质)和齿质构成。前者覆于外面。牙的齿质中间有髓腔,内有结缔组织、血管和神经。

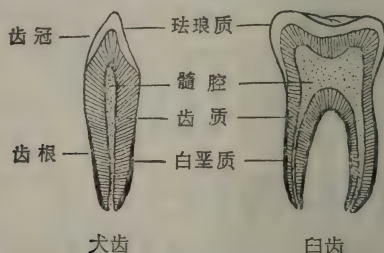


图 134. 牙齿的构造

每一种哺乳类都有一定的齿数,通常用齿式来表示。例如:猪的齿式是  $\frac{3.1.4.3}{3.1.4.3} = 44$ , 牛羊为  $\frac{0.0.3.3}{3.1.3.3} = 32$ ; 马是  $\frac{3.1.3 \sim 4.3}{3.1.3.3} = 40$  或 42。线上的数字表示上颌半边的齿数,线下的表示下颌半边的齿数。从前到后表示门齿、犬齿、前臼齿、臼齿的枚数。由于牙齿两边是对称的,所以只用半边牙齿组成齿式。将齿式线上下齿数加起来乘 2 则得总齿数,通常乘 2 省略。

哺乳类的牙齿一般为两出齿,即先有乳齿,以后换为恒齿。恒齿脱落后不能再生。臼齿无乳齿,第一前臼齿一般也无乳齿。不同种类动物牙齿的脱换期各不相同。



表 5 几种家畜牙齿的长出和脱换期

猪			牛			马		
齿	长出期	脱换期	齿	长出期	脱换期	齿	长出期	脱换期
第一 门齿	2~4周	12个月	第一 门齿	} 出生~生 后2周	1½~2年	第一 门齿	出生或生后 第一周	2½年
第二 门齿	上颌 2~3个月 下颌 1½~2个月	} 16~20个月	第二 门齿		2~2½年	第二 门齿	4~6周	3½年
			第三 门齿		3~4年	第三 门齿	6~9个月	4½年
第三 门齿	出生之前	8~10个月	第四 门齿 (二犬齿)	} 出生~生 后2周	2~2½年	犬 齿	5~6个月	4~5年
犬 齿	出生之前	9~10个月	第一前臼齿		1½~2½年	第一前臼齿 (或狼齿)	} 出生~生 后2周	2½年
第一前臼齿	5个月	} 12~15个月	第二前臼齿		2½~3年	第二前臼齿		3年
第二前臼齿	5~7周		第三前臼齿			第三前臼齿		4年
第三前臼齿	上颌 4~8日 下颌 2~4周		第一 白齿	5~6个月		第四前臼齿	9~12个月	
第四前臼齿	上颌 4~8日 下颌 2~4周		第二 白齿	1~1½年		第一 白齿	2年	
			第三 白齿	2~2½年		第二 白齿	3½年	
						第三 白齿		
第一 白齿	4~6个月							
第二 白齿	8~12个月							
第三 白齿	18~20个月							

注: 第三下颌前臼齿比表上所列脱换期约早6个月左右。

人们根据家畜的乳齿和恒齿的长出、脱换以及牙齿的磨损情况,大体可以推断其年龄大小。

哺乳类因食性和生活习性不同,它们的牙齿形状大小也有许多不同。食草的动物如马、牛、羊及鼠类,臼齿比较发达。食肉类动物如虎、豹、狼等犬齿特别发达。食虫的种类如蝙蝠、鼯鼠则齿冠突起都很尖锐。

舌具有许多司味觉的味蕾,能辨别食物的味道。哺乳类的舌除味觉外,并有其他功能,其中最主要的是在咀嚼时将食物推送至齿间。此外,有的动物利用来取食,如牛、长颈鹿、食蚁兽等;猫、虎等又能用舌上面角质化的突起刷毛和刮骨上的肉。

咽是口腔与食道之间交界部分,咽壁肌肉司吞咽功能,另外与呼吸有密切关系。

(2) 食道: 食道是一简单直管,在气管背面。从食道起至大肠,整个消化道的管壁不论是那一段,构造基本上是一致的。如将管壁作一横切面,可以看到管壁包含有四层构造: ①粘膜,是最里面的一层,能分泌粘液或消化液; ②粘膜下层,较厚,主要包含结缔组织; ③肌肉层,由两层平滑肌组成(食道有一段是横纹肌),肌肉层的伸缩使消化管产生蠕动、摆动和分节运动; ④浆膜,是最外的一层,主要由结缔组织构成(图 135)。

食道的粘膜分泌液只有润滑食物的作用。

(3) 胃: 分为三部分——贲门部、幽门部、胃体。贲门部与食道相接,其开口处有括约肌,平时括约肌是关闭的,当食物通过食道时它才开启,食物进入胃后又重新关闭,以防止食物从胃倒流至食道。幽门部与十二指肠相接,通入十二指肠的地方亦含有括约肌,以控制食物由胃入肠。胃的中部即胃体。有

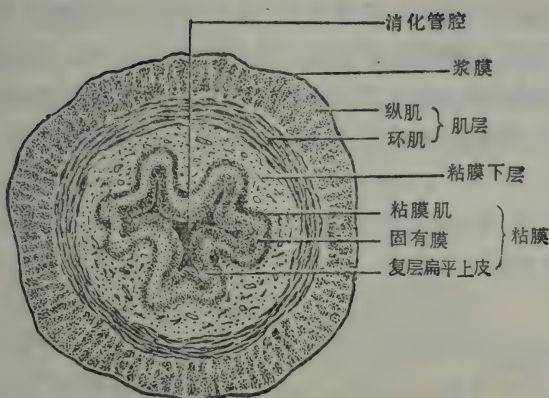


图 135 消化道横切面

些动物的胃比较复杂，最典型的是牛、羊等食草动物，胃分瘤胃、网胃、重瓣胃和皱胃四室。

胃粘膜有许多管状胃腺，能分泌胃液，内含有水分、粘液、消化酶和盐酸等。胃的消化酶主要是胃蛋白酶和凝乳酶（成体无或较少）。凝乳酶能凝结乳蛋白（奶所含蛋白质），胃蛋白酶能分解各种蛋白质。此外，胃液还含有微量的脂肪酶，有分解脂肪作用。盐酸的作用主要是活化酶并使蛋白质膨胀，使酶容易对蛋白质起作用，并具有杀菌作用。胃的粘液略带硷性，有润滑作用，使食物易于通过，并可使胃粘膜避免摩擦损伤，又可中和盐酸，减弱胃蛋白酶的作用，从而使胃壁不致有被自己所分泌的胃液所消化的危险。通常所谓胃溃疡，是指胃某一部分的粘膜溃烂的症状。

（4）肠：肠主要有消化和吸收作用，分为小肠和大肠。二者交界处通常有一盲肠。

小肠：最前面部分叫十二指肠，连接胃幽门部，胰管和胆管开口于此。小肠的腺体分泌有下列几种酶：肠肽酶、肠脂肪

酶、分解糖类的酶(包括蔗糖酶、麦芽糖酶和乳糖酶), 还有一种激活胰蛋白酶原的肠激酶。小肠壁除腺体外, 其上皮还有无数小突起叫小肠绒毛, 有扩大肠的吸收面积的作用。绒毛内有血管和淋巴管(图 136)。小肠开口于大肠的地方也具有括约肌。

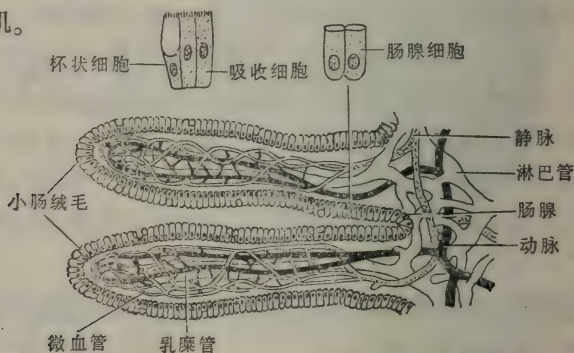


图 136 小肠绒毛横切面

大肠: 远较小肠为短, 包括盲肠、结肠和直肠。盲肠是大肠的开端, 草食性种类特别发达, 有的动物盲肠的末端有一突起, 叫蚓突(也叫阑尾或虫垂), 猪、牛、马、羊等动物无蚓突。结肠是大肠的重要部分。直肠甚短, 开口于肛门。大肠粘膜具有肠腺, 但无绒毛。肠腺分泌硷性粘液, 有保护肠壁及润湿粪便以利其移动的作用。大肠的主要机能是吸收水分, 并作为消化后残余物质的暂时贮存所。

(5) 肝: 肝是体内最大的腺体, 呈深暗红色。肝脏下面有一胆囊, 呈深绿色, 两者有管相通, 并有一共同管叫胆管, 开口于十二指肠。

肝主要有以下几种机能: ①分泌胆汁, 有助于脂肪的消化; ②肝在胚胎时期是造血器官, 制造红血球; ③体内过多的葡萄糖以肝糖元(也叫动物淀粉)形式贮藏于肝内; ④贮存铜



与铁原素；⑤制造维生素 A、形成尿素和纤维蛋白原等，后者对于血的凝结具有重要意义；⑥有些废物由肝排出，随胆汁入肠与粪便一齐排出体外；⑦肝含有一种物质（由幽门部及十二指肠所形成而贮藏于肝内），能刺激骨髓制造红血球，有医治恶性贫血的功效。

肝细胞能不断分泌胆汁，在不消化时暂存于胆囊内。胆汁呈黄色至深绿色不等，具弱硷性反应，使脂肪乳化成微小油点，以增加酶对脂肪分解作用的面积。

在不正常的情况下，胆汁能形成胆石。胆管内如生有胆石或有寄生虫（如蛔虫）堵塞，胆汁不能正常排出体外，由血液分布至全身组织，使皮肤、眼白都呈现黄色，造成黄疸症，影响脂肪的消化。

有的哺乳类无胆囊，其胆汁从胆管直接流入十二指肠，如马、驴、骆驼、鹿、象和家鼠等。

（6）胰脏：胰脏是第二大的消化腺，通常位于十二指肠弯内（图 137）。呈淡粉红色，略带黄色。一般有两个导管，一与胆管相通，另一开口于十二指肠。猪、牛只有一导管。胰

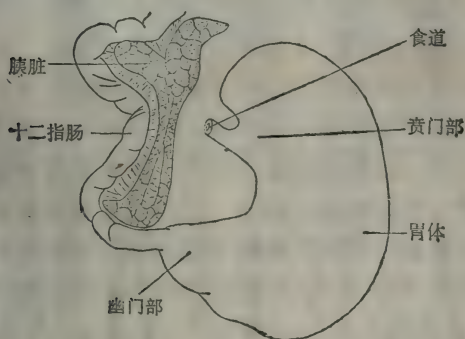


图 137 胃、胰、十二指肠

脏分泌的胰液呈硷性反应，含有几种消化酶，主要有胰淀粉酶、胰蛋白酶、糜蛋白酶和胰脂肪酶。

## 2. 食物的消化和吸收

(1) 消化：哺乳类所需要的营养物质包括蛋白质、碳水化合物、脂肪、维生素、无机盐和水等。碳水化合物是生活所需要的能量的主要来源。蛋白质是构成身体各部分细胞组织的主要物质，它是生长、发育、繁殖、泌乳等所必需的营养物质，同时也能产生能量。脂肪也是能量来源，此外并有润滑、保温等作用。维生素对调节新陈代谢，和促进生长发育有重要作用(表6)。无机盐对于动物也是很重要的。动物体内最重要的无机盐是钠盐、钾盐、钙盐、磷酸盐等。血液和组织内部含有一定量的盐类。无机盐对于维持体液及组织的渗透压以及神经系统的正常机能都有重要的作用。有些矿物质，如钙、磷、铁是构成骨骼、血、乳等必要的成分。水也是不可缺少的，没有水，新陈代谢过程就不能进行。维生素、无机盐、水分子较小，可以不经过消化就能被吸收。食物所含的蛋白质、脂肪、淀粉、双糖(如蔗糖、麦芽糖)或纤维素等营养物质，因为结构复杂，分子较大，需要经过消化成简单的物质，如氨基酸、甘油、脂肪酸和葡萄糖等，才能被消化道所吸收。

食物的消化是在口腔、胃和肠内进行的。在口腔里部分淀粉被唾液淀粉酶分解为麦芽糖，这一过程一直到胃内尚能进行一些时候。食物经食道入胃后，胃壁肌肉伸缩把它搅拌均匀，乳蛋白为凝乳酶所凝固。蛋白质及凝固的乳蛋白均能被胃蛋白酶分解为多肽。食物在胃内成为流质或半流质叫食糜，即转入十二指肠。肠不断蠕动将食糜向后移动。未消化的淀粉被胰淀粉酶转变为麦芽糖，很快就被麦芽糖酶分解为葡萄糖。食物如含有蔗糖，即为蔗糖酶分解为果糖和葡萄糖。

表 6 维 生 素

类别	代表字母	生 理 功 用	主 要 来 源
脂 溶 性 维 生 素	A	抗干眼病,参与视力作用,预防表皮细胞退化,促进生长	肝、蛋黄、鱼肝油、绿叶、胡萝卜、番茄、黄色玉米、红心甘薯等
	D	调节钙、磷代谢,预防软骨病	鱼肝、鱼油
	E	预防不育症	萌发的种子胚芽
	K*	促进血液凝固	菠菜、苜蓿、肝等
水 溶 性 维 生 素	B <sub>1</sub> *	抗神经炎,预防脚气病,促进碳水化合物代谢	酵母、米糠、豆类、肝、蛋黄、肉等
	B <sub>2</sub> *	预防唇炎、舌炎等,促进生长	酵母、肝、牛乳、鸡蛋白等
	B <sub>6</sub> *	与氨基酸代谢有关,能组成某些种酶	酵母、米糠、谷类胚芽、肝等
	B <sub>12</sub>	预防恶性贫血	肝、酵母
	H*	预防皮肤病,促进脂类的代谢	酵母、肝以及动植物其他组织
	C*	抗坏血病,促进细胞间质的代谢	蔬菜、茶叶、番茄、辣椒、桔子、柠檬、文旦及其他水果等
	P	增加毛细血管抵抗力,维持血管正常透过性	柠檬、芸香、蔬菜等

\* 已可以人工合成。

如有乳糖即为乳糖酶消化为葡萄糖和半乳糖。在小肠里未被胃所消化的蛋白质也均被胰蛋白酶、糜蛋白酶分解为多肽,然后由肠肽酶等将多肽转化为氨基酸。脂肪大部分在肠内经胆汁乳化,再由脂肪酶消化为甘油和脂肪酸(表 7)。

表 7 食物的消化

消化道	消化液	消化液来源	主要消化酶	被作用物质	消化产物
口腔	唾液	唾液腺	唾液淀粉酶	淀粉	麦芽糖
食道	无	无	无	无	无
胃	胃液	胃腺	胃蛋白酶	蛋白质 (包括凝固乳蛋白)	多肽
			凝乳酶(成体无)	乳蛋白(被凝固)	
小肠	胆汁	肝脏	无	脂肪(被乳化)	
	胰液	胰脏	胰淀粉酶	淀粉	麦芽糖
			胰蛋白酶	蛋白质	多肽
			糜蛋白酶		
			胰脂肪酶	脂肪	甘油*和脂肪酸*
	肠液	小肠腺	肠肽酶(几种)	多肽	氨基酸*
			蔗糖酶	蔗糖	葡萄糖*和果糖*
			乳糖酶	乳糖	葡萄糖*和半乳糖*
			麦芽糖酶	麦芽糖	葡萄糖*
			肠脂肪酶	脂肪	甘油*和脂肪酸*
大肠	无	无	无	无	无

\* 最后可吸收物质。

(2) 吸收：食物的消化和吸收基本上是在小肠里完成的。被消化的营养物质由小肠绒毛吸收，然后由循环系统输送到全身各部。氨基酸由血液运至全身各部细胞组织后可再合成为蛋白质。葡萄糖大部分以肝糖元形式贮藏在肝和肌肉内，脂肪酸与甘油吸进小肠上皮中重新组合成为脂肪，以乳化状态由淋巴系统运入血液循环；小部分直接由绒毛内血管运



入血液循环。其他如果糖、半乳糖、维生素和无机盐等也都被小肠绒毛吸收和输送到全身去。小部分无机盐由大肠吸收。

未消化的食物和营养物质到了大肠，仍可进行消化和吸收。大肠中有大量繁殖的细菌能使食物残渣和植物纤维分解，协助消化。有的细菌并能利用肠内的物质，合成维生素B和维生素K，由大肠吸收。草食性家畜如牛、羊、马，其所食植物纤维素大部分是在大肠里由细菌发酵分解为低级脂肪酸，如醋酸、酪酸等，然后被吸收入血液。猪的大肠也有这种现象。这种低级脂肪酸可以在体内合成为脂肪。猪吃含纤维素多的饲料能够长肥就是这个道理。体内碳水化合物有富余时，可以转化为脂肪贮存起来。不同的动物转变碳水化合物为脂肪的能力是不一样的。猪这种转化能力远较牛、羊等家畜为大，这就说明为什么用含碳水化合物的饲料喂猪，可以肥胖、长膘，脂肪比其他家畜多。另外，用发酵饲料喂猪，也就是说把猪难以利用的粗饲料，经过微生物的糖化发酵作用（即把粗饲料中的纤维素等物质发酵为糖分），变成一种酸、甜、软、熟、香、适口性好、容易消化吸收的饲料，猪吃后，长膘较快，也就是这个道理。因此，遵照毛主席关于养猪“不一定要精料，尤其不一定要用很多的精料”的伟大教导，根据猪的代谢特点，节约精料，对于发展养猪事业具有重要的实践意义。

水主要由大肠前段吸收。肠内消化不了的物质、粘液、消化道代谢废物以及未消化的食物残余渣滓等，即形成粪便排出体外。

牛、羊的胃内消化过程，与一般哺乳类有所不同（图138）。食物从口腔食道入瘤胃，暂时贮藏，经细菌发酵，而后进入网胃（蜂窝胃）。网胃内壁有许多网状的褶皱和细小角质乳突，将食物磨碎和分成小团，相继回到口中重新咀嚼。这种现象

叫做反刍。食物也可从瘤胃直接经食道回到口中再入瘤胃，食物经网胃转入重瓣胃。重瓣胃具有叶状纵瓣和无数角质乳突，将食物进一步磨碎。皱胃是分泌胃液的部分，食物在这里进行消化，然后转入十二指肠。

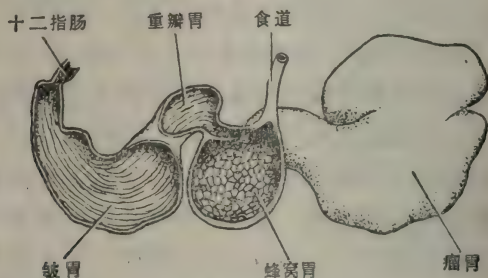


图 138 反刍胃

## (五) 呼吸系统

1. 呼吸器官 机体进行生命活动过程中所利用的能，是靠组织内有机物质的氧化来供给的。氧化过程需要氧，氧化结果产生二氧化碳、水和其他分解产物。所以，动物需要不断地从外界环境吸进氧气和排出二氧化碳，这个过程叫做呼吸，由呼吸器官和血液循环来完成。

哺乳类的呼吸器官主要包括鼻、咽、喉头、气管和肺等部分。

鼻：兼司嗅觉，包括外鼻孔、鼻腔和内鼻孔。鼻腔以鼻间隔分为左右两半，各以内鼻孔通至咽部。喉头连接咽与气管处由软骨所包围，其中有一软骨叫会厌软骨，在吞咽食物时能覆盖喉门使食物进入食道，而不致误入气管。喉头内有一对膜状褶皱叫声带，前后排列着。前面一对是假声带，不能发声，后面一对是真声带，是发音器官。中间孔裂即为喉门，也叫声

门。真声带由附在喉头内面的肌肉纤维所控制。声音的高低，随真声带的紧张程度和肺呼出空气强度的不同而异。

气管：在食道的腹面，由许多软骨环所支持。软骨环背面一般不完整，因而气管背部通常呈现一纵凹，使食道靠在上面，而不致阻碍食物的吞咽。气管一般分为左右二支进入肺部（图 139）。从外鼻孔起经鼻腔、喉头、气管至肺形成一呼吸道。

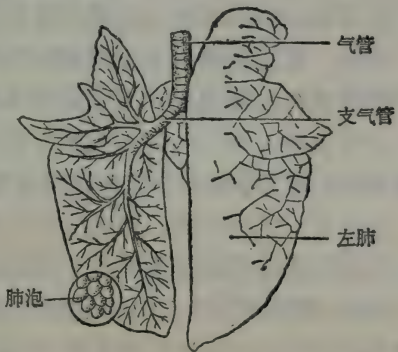


图 139 呼吸器官

肺：是一对海绵状构造，位于胸腔内。左右两肺分成若干叶。支气管入肺后，分成无数的小支气管，这些小支气管越分越小，先是缺少软骨环，而代以细小软骨片，最后连软骨片也消失，其末端膨大成囊状气室。每一气室内分隔成许多小气囊，叫肺泡，其上分布着很多微血管。肺泡是气体交换的场所（图 140）。肺除支气管、肺泡和血管等外，并富有弹力纤维组

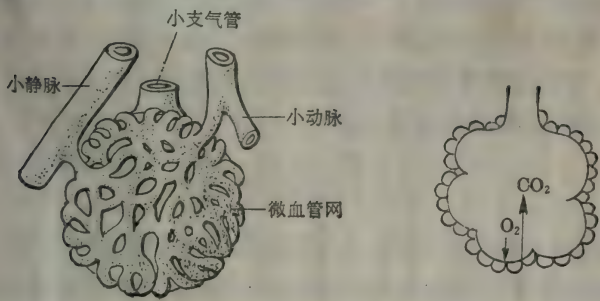


图 140 肺 泡

织,因而具有很大的弹性。

2. 呼吸作用 哺乳类的呼吸有两种方式:胸式呼吸和腹式呼吸。胸式呼吸是依靠肋骨的升降以扩大和缩小胸腔来进行的。腹式呼吸是借助横膈的升降以改变胸腔的大小来完成呼吸动作。当横膈收缩而变平或减少其穹度时,胸腔即扩大,空气便吸入肺内;而当腹肌收缩时,腹腔中的内脏压向横膈,使胸腔缩小,便把空气从肺内压出。在空气呼出时,肺的弹性也起着一定的作用。呼吸是由延脑的呼吸中枢调节的。肺内的呼吸是在肺泡里进行的。肺泡与微血管之间只隔两层很薄的膜(即肺泡上皮和微血管壁,都是一层细胞厚),气体容易相互渗透。吸入的氧气借扩散和渗透作用进入血液,同样道理,二氧化碳即自血液排入肺泡。肺里的二氧化碳是由肺动脉从心脏输送到肺泡而排出。氧气从肺泡进入血液后,与红血球中的血红蛋白结合,由肺静脉流入心脏,供身体各部需要。

哺乳类每分钟呼吸次数因种类而有所不同。例如,猪为8~18次,牛10~30次,马10~15次,动物愈小,呼吸的次数愈多。幼体因呼吸道管腔小,肺泡数目较少,气体交换量相对较少,因而呼吸次数比成体多,以补偿气体交换的不足。

猪的气喘病是由于呼吸道感染病毒而发生的,特别是气候多变、阴湿、寒冷的季节,猪抗病力降低的时候,最易发生这种病。因此,猪舍空气的流通,做好清洁工作以及在寒冷季节时适宜的保温是很重要的。

## (六) 循环系统

循环系统的主要意义在于保证机体新陈代谢的进行。身体各部分组织从血液获得各种营养物质、水分及氧等,并利用这些物质进行氧化,产生热能,保持正常机能。同时,代谢产



物,如二氧化碳、尿素、尿酸等废物排至血液,分别输送至呼吸器官及排泄器官,排出体外,以保持组织内部理化性质的相对恒定。其次,通过循环,将内分泌腺所分泌的激素输送至全身其他部分,以对这些部分的生理机能起调节作用。

哺乳动物和其他脊椎动物一样,循环系统包括血液循环系统和淋巴系统。

1. 血液循环系统 血液循环系统包括心脏、血管和血液。

(1) 心脏: 心脏是血液循环的主要器官,由围心膜所包围着。围心膜与心脏之间空隙内的液体,有润滑作用,以免心脏与周围组织相摩擦。心脏分为四室:二心耳(心房)和二心室。每一心耳和心室都有血管相连。心耳与心室之间相通,有瓣膜以司开闭,右侧为三尖瓣,左侧为二尖瓣。心脏能发生节律性的搏动(心跳)。先是二心耳同时收缩,二心室舒张,然后是二心耳舒张,同时二心室收缩,经过一短暂间歇之后,心耳又收缩,如此周而复始。每次心室收缩时,血液从左心室通过动脉挤出,产生一种压力,叫血压(对血管壁的侧压力)。当左心室舒张时,血压就降低。这种血压高低的更迭,就是我们平常所感到的所谓脉搏。心脏这种节律性的收缩由神经所调节。

哺乳类的心跳频率因种类而不同。猪每分钟为60~80次,牛50~70次,马30~45次,动物愈大,心跳的次数愈少。幼体心跳频率较成体的高,这是和呼吸相关联的。

(2) 血管:

1) 一般构造: 血管包括动脉、静脉和微血管。动脉与静脉基本构造大体相同,都由下列三层组织组成:①内膜,包括内皮层和纤维组织;②中膜,主要包含平滑肌及弹性纤维;

③外膜, 包含疏松结缔组织等。

动脉: 动脉承受的压力比静脉大, 管壁比较厚, 弹力纤维和平滑肌都比较多, 故弹性和收缩力较强, 从横切面看比较圆, 颜色也比较白。

静脉: 壁较薄, 管腔较大, 弹力纤维和平滑肌都较动脉少。因为壁较薄, 所以从外表看就较宽扁, 颜色就比较深。静脉数量比动脉多。较大的静脉, 特别是四肢部分的静脉, 里面具有半月瓣, 以防止血液受地心吸力影响而发生倒流。

微血管: 也叫毛细血管, 是连接动脉与静脉的微小血管, 分布于组织之间。其直径约为红血细胞的大小, 管壁只有一层扁形的内皮细胞。因此养料、氧及代谢产物等物质能够很容易地通过扩散作用透过管壁。

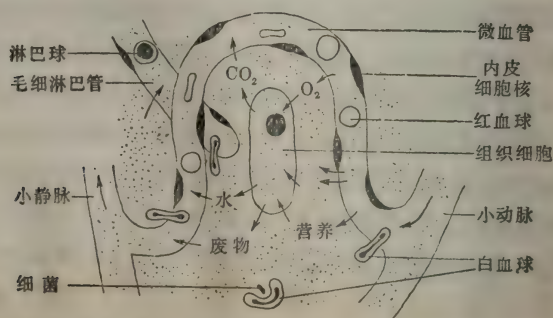


图 141 微血管输送  $O_2$ 、养料及  $CO_2$  示意图

2) 动脉系统: 从左心室发出的一条主动脉又称体大动脉, 向左转弯, 然后向后方延长为背大动脉。从主动脉及背大动脉相继分出许多支动脉, 分别输送血液到全身各部分器官组织去。此外, 有肺动脉从右心室发出到肺。

3) 静脉系统: 身体各部分器官组织的血液由许多静脉

运回心脏。这些静脉汇成为两条大静脉叫后腔静脉和前腔静脉，然后进入右心耳。来自消化器官包括肠、胃、食道及胰脏的静脉以及脾脏静脉先汇成为肝门静脉，进入肝脏又分成为微血管，然后再汇成为肝静脉，进入后腔静脉通往心脏。

肺部的血液从肺静脉输回左心耳。

(3) 血液循环：哺乳动物和人的心脏，因二心耳与二心室之间完全隔开，因此静脉血与动脉血也完全分开。

从身体各部分回来的静脉血，包含酶、激素和代谢产物如 $\text{CO}_2$ 、尿素、尿酸等，从肝静脉输送来的营养物质如氨基酸、葡萄糖、肝糖、维生素、无机盐和淋巴管带来的乳化脂肪等，经前腔静脉和后腔静脉输入右心耳，再入右心室由肺动脉输入两肺，在肺泡微血管进行气体交换，排出 $\text{CO}_2$ ，吸入 $\text{O}_2$ ，成为动脉血后，经肺静脉返回心脏左心耳，转入左心室，由主动脉流出，并通过各动脉及微血管分布于全身各部分组织中，供给营养物质并行气体交换，释出 $\text{O}_2$ ，接受 $\text{CO}_2$ 和其他代谢废物，则成为静脉血，经静脉运回心脏。如此周而复始，循环不息。代谢废物如尿素、尿酸以及过多的水分等主要由肾动脉输入肾脏，排出体外。

血液从心脏、主动脉流到全身，通过微血管由静脉回返心脏，如此循环身体一周，称为大循环(或体循环)。静脉血从心脏经肺动脉流入两肺净化后再回到心脏，这样循环一周，称为小循环(或肺循环)(图 142)。

哺乳类由于心脏分隔完善，无混合血，呼吸器官发达，呼吸作用强化，氧的供应充分，能保持组织细胞有较高的代谢，同时又具有一系列保温和调节体温的构造及生理机能，在寒冷的外界环境中也能保持一定的体温，减少对外界温度的依赖性，故称恒温动物。

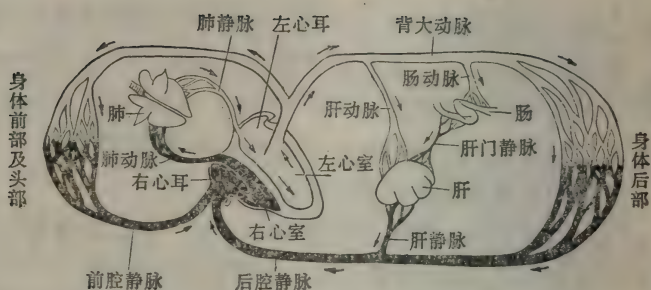


图 142 猪的血液循环示意图

2. 淋巴系统 淋巴系统包括淋巴、淋巴管、淋巴结和其他淋巴器官。最小的淋巴管叫毛细淋巴管,分布于各组织间,其起始部为盲端,收集组织细胞间的液体(组织液)渗入管内,形成淋巴,亦称淋巴液。淋巴也属液态结缔组织,其所含水分,系自微血管的血液的流体部分(血浆)渗出的。毛细淋巴管逐级汇合成为较大的淋巴管,在一般哺乳类中,这些淋巴管最后汇成为胸导管及右淋巴导管,与颈基部的大静脉相连,淋巴由此注入血液,形成淋巴循环。淋巴结是腺状构造,数量很多,大多集中于颈部、肠系膜、腋窝及腹股沟等处,与淋巴管联通,除能产生淋巴细胞外,还有消除有害物质的作用。其他如脾脏、扁桃腺和胸腺等也都是淋巴器官,均有制造淋巴细胞的机能。脾脏兼有破坏旧的红血细胞及储血的功能。

## (七) 排 泄 系 统

机体在其生命过程中不断与外界环境进行物质交换。一方面从外界环境摄取食物、水分和吸收氧气以供应组织的生长、修补和能量的产生,另一方面将体内代谢废物包括二氧化碳、无机盐和含氮废物等排出体外。排泄是机体把物质代谢



产生的废物向体外输送的一种生理过程。这些废物，一部分是从养料分解而来，一部分是从机体本身的组织分解而来，其中一些代谢废物随粪便从消化道排出，大部分废物特别是含氮的废物，如尿素、尿酸、无机盐等，主要由排泄器官以尿的形式排出体外。

1. 排泄器官 哺乳类的排泄器官主要包括肾脏、输尿管、膀胱和尿道等(图 143)。

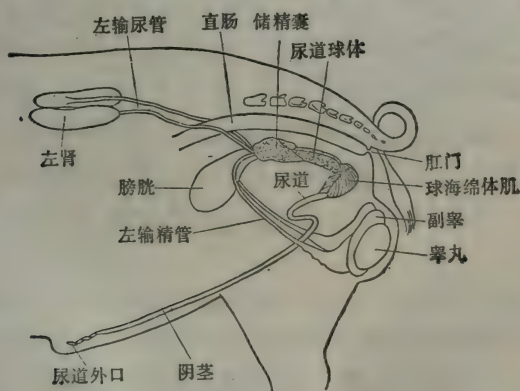


图 143 雄猪的排泄生殖系统

**肾脏：**左右一对，位于腹腔的背侧，形如扁豆，内侧凹陷，称为肾门。肾动脉自腹主动脉通入肾脏，肾静脉则由肾脏注入后腔静脉。左右肾脏各有一输尿管通出而连接膀胱(图 144)。肾脏主要包含皮质、髓质和肾盂三部分。肾盂是输尿管的扩大部分。皮部在肾脏的外周，由无数的肾小体、肾小管及血管所构成。肾小体是泌尿部分，包含肾小囊和肾小球。前者是一个双层细胞的杯状体。肾小球是一小团微血管，位于囊内。肾小管连接肾小囊底部，迂回盘旋而入髓部，称收集管(图145)。髓质在皮质的内面，包含很多收集管。这些收集管形成肾锥

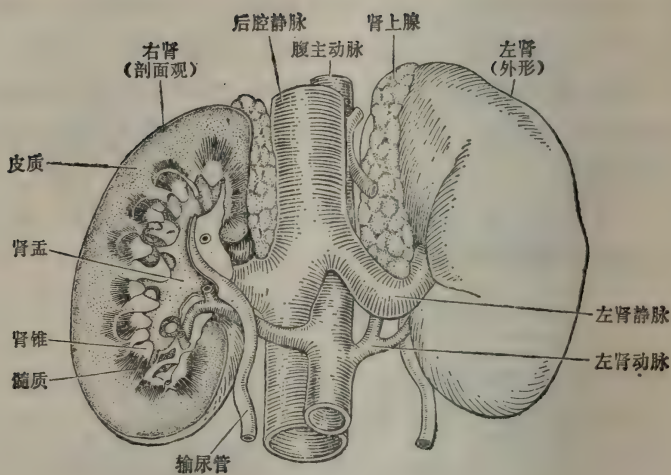


图 144 肾 脏

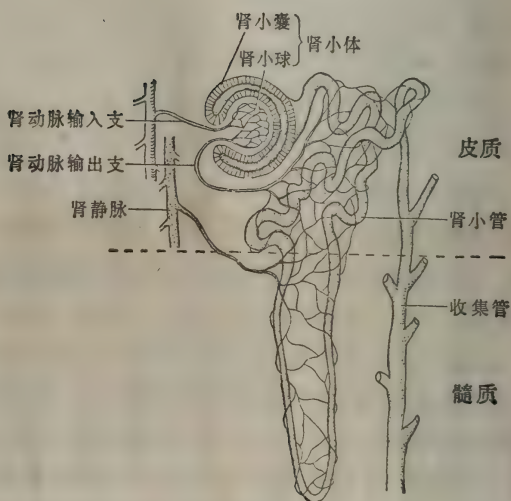


图 145 肾小体和肾小管

体,其尖端称肾乳头,伸入并开口于肾盂。肾锥体有多有少,随种类而不同。猪、牛、羊的肾脏属多锥肾。马、兔、鼠属单锥肾。

输尿管:左右一对,由肾盂通出向后延伸通入膀胱。

膀胱和尿道:膀胱是一个囊状构造,主要由平滑肌构成,其后端开口通尿道,有括约肌,可以控制尿的排出。

2. 尿的分泌及排出 体内各部组织细胞含氮的代谢废物、过多的盐类和水分进入血液,经过循环不断由肾动脉输入肾脏,最后由肾小球渗透出来并经过肾小囊的过滤而入肾小管。水、糖类、氨基酸、无机盐、尿素和尿酸等物质能够滤出,蛋白质、脂类等则不能。过滤出来的糖类及氨基酸在通过长而盘旋的肾小管时,重新被吸收。残余的废物即由收集管汇入肾乳头,成为尿,流入肾盂,经输尿管暂存于膀胱。排尿时即由尿道排出体外。

除肾脏外,汗腺也有排泄机能,血液中的水分、盐分及其他废物均可渗入汗腺排出体表。肝脏也有协助排泄的功能,将血液中的氨变为尿素由肾脏排出,又能收集废物及胆色素\*等由胆管输入小肠排出体外。

## (八) 生殖系统

1. 雄性生殖器官 雄性生殖器官主要包括精巢、输精管、交接器和一些辅助性腺(图 143)。

精巢一对,又称睾丸,是雄性生殖器官的主要部分。它是产生精子的器官,又能分泌激素。一般呈卵圆形,在哺乳类中,其位置有很大差别,有的终生在腹腔内(如鲸、象、犀等),有的只在繁殖期间才沿着鼠蹊道落入阴囊(如兔、刺猬等),大

\* 胆色素:胆汁的组成成分之一,系红血细胞破坏后的血红蛋白的分解产物。

多数种类终生位于阴囊内（如有蹄类、食肉类和灵长类）。阴囊位于泄殖孔的两侧。

精巢由许多精细管构成（图 146）。精细管是产生精子的地方。精细管迂回盘旋至精巢外面绕成附睾，下接输精管，经鼠蹊道而入腹腔。左右输精管在膀胱颈后面汇合而后通入尿道。尿道为排尿输精的共同通道，由此通入交接器（阴茎），最后由泄殖孔通出体外。阴茎主要包含多血管的海绵状组织。

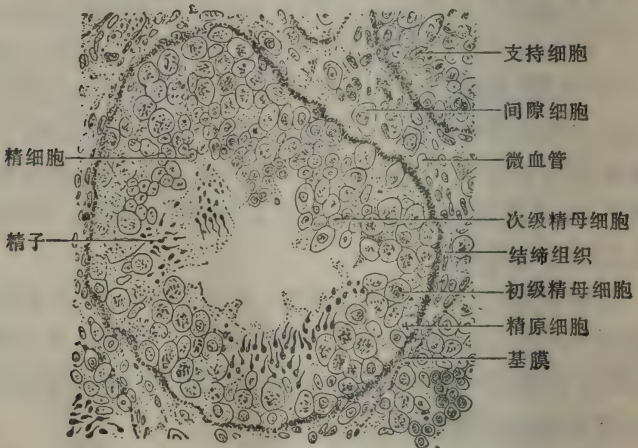


图 146 精细管横切面

此外，雄性一般还有下列辅助性腺：（1）一对储精囊，能分泌精液。一般哺乳类精子不贮藏在此囊内，而是暂贮于输精管末端的膨大部分。（2）前列腺，在尿道内端，有管通入尿道，其分泌液有稀释精液的功用，使精液易于射入雌性生殖道。猪的前列腺约一寸长，为储精囊所掩盖。（3）一对尿道球腺，在阴茎基部，开口于尿道，能分泌一种硷性液体，可以中和雌性生殖道内的酸性，使精子免受伤害。



家畜在性成熟时期,能不断产生精子。精子很小,在体外一定条件下能生存几小时到几天,这就为人工受精提供了可能性。阉小公猪通常就是把一个多月的幼小雄猪的两个睾丸去掉,使它不能产生精子和雄性激素,因而丧失次级性特征和交配生殖能力。阉割之后,新陈代谢及氧化过程下降,所以能逐渐肥胖。

2. 雌性生殖器官 雌性生殖器官主要包括卵巢、输卵管、子宫、阴道和尿道(图 147)。

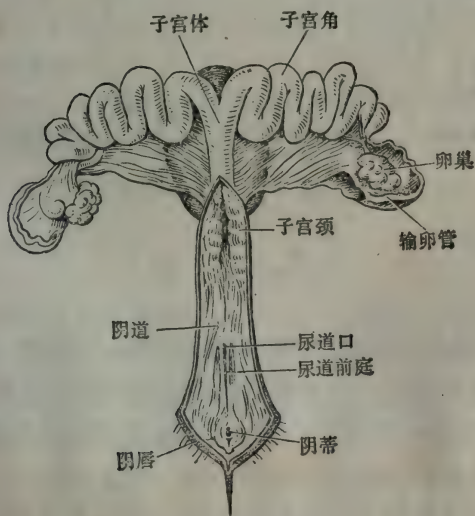


图 147 雌性生殖器官

卵巢一对,一般呈椭圆形,在腹腔背面,主要包含生殖上皮、结缔组织和大小不等的卵泡(也叫滤泡)三部分(图 148)。卵泡是由生殖上皮形成的,每一卵泡内有一个卵(卵细胞),比其他细胞大。

输卵管也是一对,一般分化出子宫和阴道。其前端接近

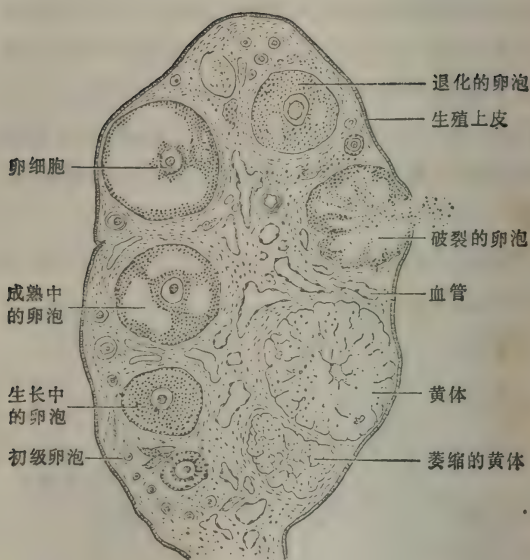


图 148 卵 巢

卵巢, 略为膨大, 形成喇叭口, 边缘多褶皱, 呈伞状。成熟的卵从卵巢排入腹腔后, 即由喇叭口进入输卵管。输卵管上部较为细长, 下部膨大部分叫子宫。子宫下面部分为阴道(即生殖道), 通往体外。

一般哺乳类的子宫有几种类型, 一种是双子宫, 即左右子宫分别开口于阴道(如兔、象等); 一种是对分子宫, 即左右子宫有初步的连合, 共同开口于阴道(如猪、牛、羊、鼠等); 一种是双角子宫, 即左右子宫愈合范围较大(如犬、猫、鲸等); 还有一种是单子宫, 即左右子宫完全愈合(如猿猴等)。

阴道和尿道均开口于泄殖道(或称前庭), 由此通往体外。在尿道开口的前端有一突起, 叫阴蒂, 相当于雄性的阴茎。

雌性个体发育成熟时，卵巢的卵细胞成熟，并能排入腹腔，这种现象叫排卵。家畜在发情时期排卵。通常卵在输卵管内受精，受精后即移动至子宫发育。

阉割母猪是将幼小雌猪（一般也是一个多月大）的左右卵巢去掉，使它丧失生殖能力，因而比没有阉割的小雌猪容易育肥。

一般哺乳类一年繁殖一次。通常繁殖有季节性，如马在春季性活动增强。羊的交配季节在秋季。猪和牛的繁殖没有季节性，能在一年中进行多次交配繁殖。一般野生哺乳类多在春季交配繁殖。

哺乳类的个体性成熟时期（即能产生精子或卵细胞，并能进行交配繁殖）因种类而不同。如猪为3~8个月，牛8~12个月，山羊、绵羊6~8个月，马12~18个月，骆驼2~5年。

## （九）神 经 系 统

动物各器官系统协调活动成一有机整体，主要是依靠神经系统来完成的。内外环境的各种刺激由感受器接受后，通过神经系统的活动，以保持机体各器官系统之间的统一与协调，并使机体与外界环境保持相对平衡。虽然内分泌系统也有调节机体活动的作用，但它的调节还是受神经系统支配的。

神经系统包括中央神经系统和周围神经系统。哺乳动物的神经系统很发达，构造和机能都比较复杂和完善。

1. 中央神经系统 包括脑和脊髓。

（1）脑：在脑颅内，分大脑、间脑、中脑、小脑和延脑五部，其中大脑和小脑特别发达。

大脑：分为左右大脑半球，前端各形成一嗅叶，有神经

通至嗅觉器官。鼠、兔及其他低等哺乳动物的大脑表面光滑。猪、牛、马和其他高等种类,大脑表面形成许多沟纹和隆起,分别叫脑沟和脑回(图 149)。

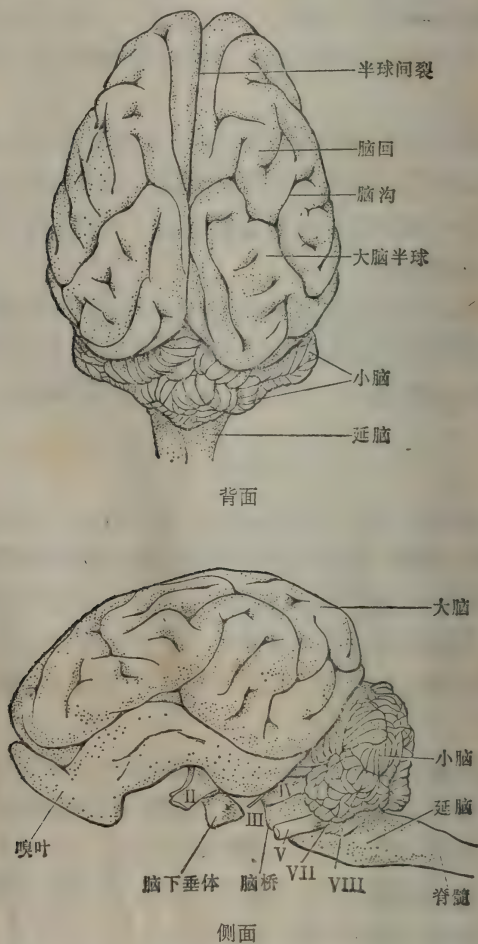


图 149 猪 的 脑



大脑壁由皮部和髓部组成。皮部是外层,称大脑皮层,呈灰色,故又称灰质,为哺乳类所特有,内含神经细胞和无髓鞘神经纤维。髓部在皮层内面,呈白色,故又称白质,主要由有髓鞘神经纤维组成,连接大脑各部及脑其他部分和脊髓等。脑回、脑沟是由于大脑皮层的发达而形成的。皮层是哺乳类的神经活动的高级中枢,为机体调节和控制全身一切生理机能以及对外界环境产生反应的最重要器官。它含有高级心理活动、感觉和运动中枢,也是人类思想、意识、语言和行为等中枢。

大脑半球之间有一白色的、由神经纤维组成的连接构造,叫胼胝体,连接两大脑半球的皮层。左右大脑半球内各有一侧脑室,称第一、第二脑室。

间脑:被大脑后部所遮盖,背面有脑上腺(也叫松果腺),是一种内分泌腺。腹面有视交叉和脑下垂体(也是一种内分泌腺)。间脑内的空腔为第三脑室,与大脑第一、第二脑室相通。间脑是感觉中枢、体温调节中枢、交感神经及副交感神经中枢(支配血压、内分泌、唾液的分泌等活动)和睡眠中枢。感觉通路集中于间脑,与大脑相通而产生感觉。

中脑:比较小,位于间脑后面,背部形成前后两对突起,称四迭体。前一对叫前丘,与视觉有关;后一对叫后丘,与听觉有关,感受从耳蜗传来的兴奋并传递到大脑皮层去,此外并与延脑及脊髓有联系。四迭体的周围部分与运动及平衡器有关。中脑内也有空腔成一狭管,与第三脑室及第四脑室相通。

小脑:很发达,褶皱很多。外部由灰质构成,含有神经细胞;内部为白质,包含神经纤维。灰质深入白质,形成很多分枝,呈树状构造。小脑腹面有一突出部分,叫脑桥,内有神经

纤维联络大脑和小脑。小脑的机能主要是司肌肉运动 and 保持身体的正常姿势及平衡。

延脑：前接小脑，后接脊髓。延脑内的空腔是第四脑室，前面与中脑相通，后接脊髓的中央管。第四脑室背面覆盖着脉络丛。延脑内部构造基本上与脊髓相似，即灰质在内，白质在外。两侧有神经纤维束通往小脑，连接小脑和脊髓。腹面也有神经纤维连接大脑皮层和脊髓。延脑是呼吸、心脏跳动、吞咽、呕吐、咳嗽、喷嚏、消化腺分泌、血管张缩以及糖的代谢等中枢。因此，延脑被认为是“生命中枢”。

(2) 脊髓：延脑以后的部分叫脊髓，从脑颅枕骨大孔伸出而通入脊柱髓道。脊髓当中有一小空腔，叫中央管，通往延脑第四脑室。

2. 周围神经系统 周围神经系统包括脑神经、脊神经和自主神经系统。

(1) 脑神经：哺乳类有十二对脑神经由脑发出，其起源、分布和功能见表 8。

(2) 脊神经：脊神经是由脊髓发出的周围神经，成对，数目随种类而异，如猪为 33 对。每一脊神经由背、腹两根从脊髓发出。背根主要包含感觉神经纤维，这些神经纤维来自皮肤和内脏，能传达刺激至中央神经系统。近脊髓地方，膨大为一神经节，叫背神经节，内含单极神经原，联络身体周围部分和脊髓。腹根包含运动神经纤维，分布到肌肉与腺体，将中央神经系统发出的冲动传递到各效应器。

背腹两根脊神经在脊柱内合并为一根，从椎间孔伸出后，即分为三支：背支、腹支和脏支（即交通支）。背支分布至背面皮肤和肌肉；腹支分布至体侧及腹面皮肤和肌肉；脏支则分布至内脏。

表 8 脑神经的起源、分布及功能

代号	名 称	起 源	分 布	功 能
I	嗅 神 经	大脑嗅叶	鼻腔粘膜	感 觉
II	视 神 经	间脑	视 网 膜	"
III	动眼神经 (内含自主神经)	中脑	眼肌、虹彩、睫状肌	运 动
IV	滑车神经	"	眼 肌	"
V	三叉神经	脑桥 (小脑)	上下颌肌肉、口、舌、 上下眼睑及鼻等	混合: 运动(咬肌等) 感觉(鼻、眼、舌等)
VI	外展神经	延脑	眼 肌	运 动
VII	面 神 经 (内含自主神经)	"	颜面肌肉、舌、味蕾、 唾液腺等	混 合
VIII	听 神 经	"	内 耳	感 觉
IX	舌咽神经 (内含自主神经)	"	咽、舌、粘膜及喉头 肌肉	混 合
X	迷走神经 (内含自主神经)	"	外耳、咽、喉头、气管 等及其他内脏器官	"
XI	脊副神经	"	肩部肌肉	运 动
XII	舌下神经	"	舌 肌	"

反射与反射弧：反射是动物和人体通过神经系统对环境变化所发生的有规律的反应活动。例如，皮肤受到刺激引起肌肉的收缩，食物刺激口腔引起唾液分泌，都是一种反射。在这当中，皮肤或口腔的感受器形成的神经冲动经中央神经系

统再传递到效应器(肌肉或唾液腺),所经过途径,称反射弧。反射弧包括五个环节:感受器、传入神经纤维、神经中枢、传出神经纤维、效应器(图 150)。

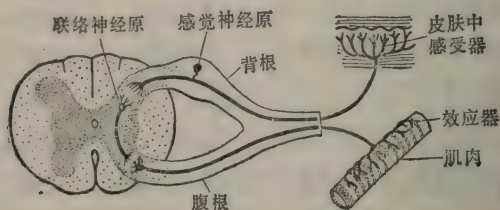


图 150 脊髓反射弧模式图

(3) 植物性神经系统: 植物性神经系统支配机体的内脏生理机能。如心跳快慢、胃肠的运动、瞳孔的扩大和缩小等,都和植物性神经系统有密切关系,但植物性神经系统不受意志的支配。植物性神经系统包含两个部分:交感神经系统,副交感神经系统。

交感神经系统包括脊柱两旁二交感神经干和许多交感神经节(其中大部分在交感神经干上,结成一串,另外有若干在肠系膜上)。交感神经干与胸部及腰部脊髓相通,并有神经分布到虹膜、泪腺、唾液腺、血管和心、肺、胃、肝、肾、膀胱及生殖器官等内脏(图 151)。

副交感神经系统包括发自脑及脊髓荐部的副交感神经及若干副交感神经节(其中有的是在所支配的器官的附近,如虹膜、泪腺、唾液腺等;有的是在所支配的器官组织中,如心、肺、胃、肝、肠、肾、膀胱、生殖器官等等)。

机体中几乎每个器官都同时分布有交感神经和副交感神经。这两种神经所传递的中央神经系统的冲动,其作用是互相颉颃互相矛盾的。例如交感神经所传递的冲动对心脏的跳



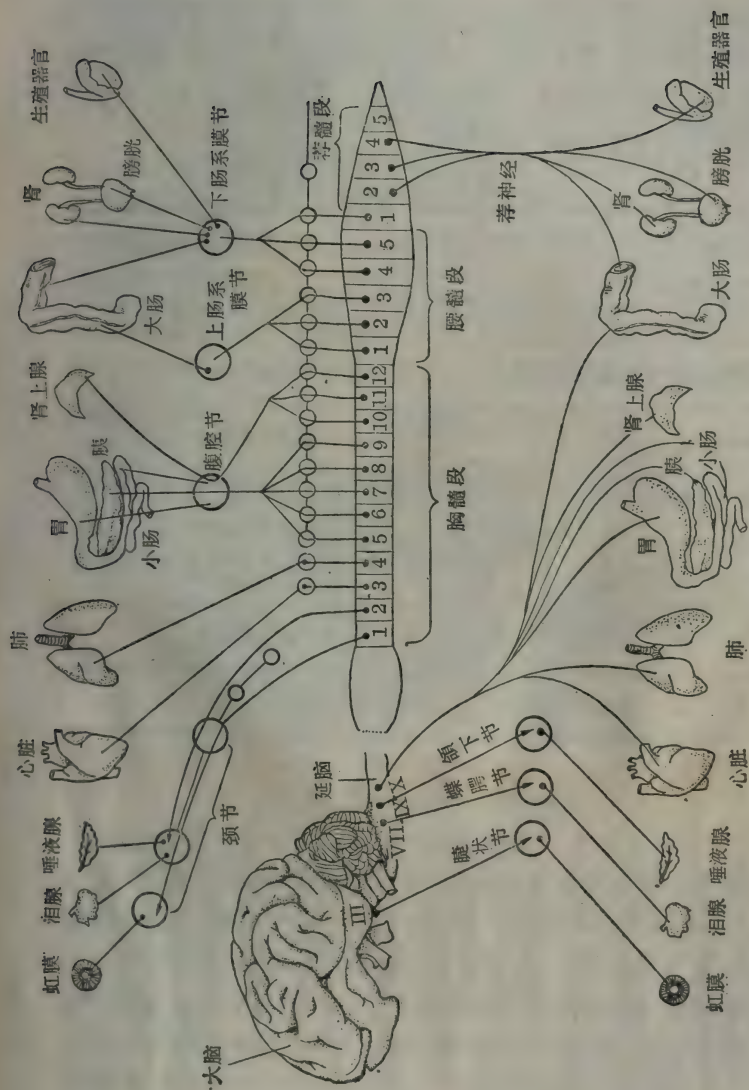


图 161 植物性神经系统

动起兴奋作用,而副交感神经所传递的冲动则起抑制作用;交感神经抑制胃、肠的活动,而副交感神经则加强胃、肠的活动(表9)。这两种对立作用相反相成,才能促使器官的正常活动,保持生理机能的相对平衡。

表 9 植物性神经系统的机能

器官和代谢	交 感 神 经 系 统	副 交 感 神 经 系 统
循环器官	加快心跳,使末梢血管收缩	抑制心跳,使末梢血管舒张
呼吸器官	使支气管扩张	使支气管收缩
消化器官	抑制消化道的平滑肌使暂时不能运动	增强消化道肌肉的运动
排泄生殖器官	使膀胱肌肉舒张,膀胱括约肌收缩 使生殖器官血管收缩	使膀胱肌肉收缩,膀胱括约肌舒张 使生殖器官血管舒张
眼	使瞳孔扩大,抑制泪腺分泌,使睫状肌舒张	使瞳孔缩小,促进泪腺分泌,使睫状肌收缩
皮 肤	使皮肤血管收缩	使皮肤血管扩张
代 谢	促进异化作用	促进同化作用

## (十) 感 觉 器 官

1. 嗅觉器官 嗅觉器官是鼻腔内鼻甲骨上面的嗅粘膜,由具有纤毛的嗅觉上皮构成,其上分布有嗅神经,嗅觉为化学觉。空气含有的气味分子首先在嗅觉上皮上溶解,引起嗅细胞的兴奋,经嗅神经将兴奋传入大脑而发生嗅觉。嗅觉器官是大多数哺乳动物在活动中辨别方向、觅食、追逐异性和逃避敌害的重要工具。嗅觉力强的动物,鼻甲骨特别发达,迷路很复杂。

2. 听觉器官和平衡器 哺乳动物的听觉器官及平衡器

都在耳内。

(1) 听觉器官：哺乳类的听觉极其敏锐。听觉器官包括外耳、中耳、内耳三部分。外耳包括外耳道和耳壳。耳壳内有软骨支持，并附有耳肌，能使耳壳转动，以利声波的收集而增强听觉。外耳道是被鼓骨所包围的长管，与中耳之间有一鼓膜相隔。中耳内有三块听骨（槌骨、砧骨、镫骨），前后相连。听骨将鼓膜接受的声波，传播到内耳。中耳并有一耳咽管与咽相通，以保持中耳和口腔的压力的平衡。内耳有螺旋形构造，称耳蜗，内有科蒂氏器，包含纤毛细胞，能感受声波，经听神经末梢传入大脑而引起听觉。声波在听觉器官内的传播途径见图 152。



图 152 耳的构造及声波传播途径

(2) 平衡器：内耳除有耳蜗之外，还有平衡器。平衡器包括三个半规管（前、侧、后）、椭圆囊和球囊三部分，彼此相通，内含淋巴，称内淋巴。外为外淋巴所包围。每一半规管有一扩大部分，叫壶腹。壶腹与椭圆囊及球囊内均有司感觉的纤毛细胞丛。纤毛细胞丛由神经纤维联系。此外，椭圆囊和球囊有石灰质构成的耳石。头部的转动或身体的平衡发生

变化时会引起耳石和三个半规管的内淋巴的移动，刺激纤毛细胞丛，由听神经将刺激传到脑去，借此以保持身体的平衡。

3. 视觉器官 眼球主要由眼球壁和导光体组成。

眼球壁包括三层：巩膜、脉络膜和视网膜(图 153)。巩膜是眼球的最外层，呈乳白色，厚而坚固，有保护和支持作用，在眼球前方形成透明的角膜。脉络膜是中层，含有丰富的血管和色素细胞，供给营养和防止光线扩散，在眼球前方形成虹膜和睫状体。虹膜含有两层肌肉纤维，控制瞳孔的大小。睫状体含有睫状肌，与视象调节有关。视网膜为眼球壁的最内层，为感光感色部分，含有圆柱细胞(杆状细胞)和圆锥细胞的神经原。圆柱细胞具感光物质，称视紫(也叫视紫红质)，具有感受弱光功能。圆锥细胞具视紫蓝质，能感受强光和颜色。夜间活动的动物，圆柱细胞特别多，有的甚至全为圆柱细胞而无圆锥细胞(如许多蝙蝠和鼠类等)。白天活动的种类则圆锥细胞占优势。在视网膜后方，视神经离开眼球的地方有一凹陷，称盲点，无视觉细胞，不能成象。距此几毫米，另有一凹陷称

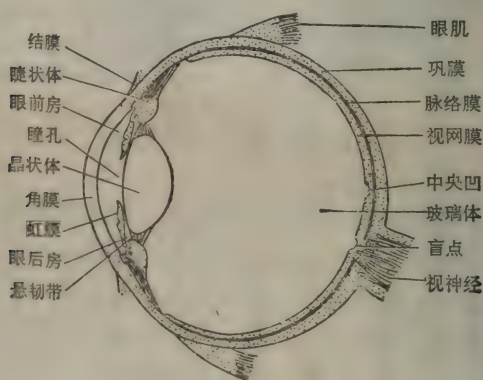


图 153 眼的纵剖面示意图



黄斑(中央凹),富有视觉细胞,是感光最敏锐的部分。

导光部分包括晶状体、角膜、房水和玻璃液,它们使光源产生屈折,集中焦点于视网膜上而形成视象,由视神经传入脑中。晶体富有弹性,由一圈悬韧带连系到睫状突上,悬韧带延伸到晶体上成为薄的被膜将晶体包起来。晶体前方被膜略较后方为厚。因此,晶体后方较为凸出。

其他视觉辅助器官为眼睑、瞬膜、结膜、泪腺以及控制眼球转动的六条眼肌(内直肌、外直肌、上直肌、下直肌、上斜肌和下斜肌)。

视象的调节主要靠睫状肌的伸缩以改变晶体的形状并配合眼肌的活动来进行的。当眼睛看近物时,睫状肌收缩,将悬韧带向前拉,使晶体前方被膜松弛。因此,晶体表面即向前凸出,增加曲度。当两眼看更近的物体时,睫状肌的收缩即增强,进一步增加晶体前方的曲度,在这个过程中,两眼向中线转动,使光轴集中在物体上。两眼的这种转动是由内直肌的收缩而发生的。当眼睛看远物时,内直肌即松弛,睫状肌也伸张,悬韧带就拉紧,前方被膜也随之紧张,使晶体相应地减少弯曲度。所以,看近物如果太久,会引起睫状肌和眼肌的疲劳。简单的休息方法就是向远处观看,这样便可使睫状肌和眼肌得到松弛的机会。

视觉的发生与视紫有关。视紫是由蛋白质(叫视蛋白)和维生素A组成的。当视紫吸收光的时候,即行分解(褪色),使视神经产生神经冲动,传入脑中。视紫分解后必须在弱光或黑暗条件下,才能重新合成,并需要有维生素A才能恢复。因此,缺少维生素A会造成夜盲症。

4. 味觉器官 哺乳类的味觉器官是味蕾。味蕾由一群感觉细胞集合而成,主要分布在舌上,受舌咽神经的支配。

此外,皮肤和身体其他部分并有温度觉、触觉和痛觉。

## (十一) 内分泌系统

1. 内分泌的作用 动物的腺体,除以上已了解的皮肤腺及许多消化腺,其分泌物都有管输出以外,还有一类腺体,它们所分泌的物质,无导管通出,而是直接渗入血液或淋巴液环流全身。前者统称为有管腺,后者统称为无管腺,亦称内分泌腺。无管腺的分泌物质,总称内分泌,亦称激素。激素是一种具有活性的有机物,种类多,性质各异,对机体的新陈代谢、生长、发育与生殖等重要的生理机能,具有调节作用。

2. 主要内分泌腺及其机能 内分泌腺主要有甲状腺、副甲状腺、胰岛腺、肾上腺、生殖腺及脑下垂腺等,其中比较重要的是脑下垂腺、肾上腺和甲状腺等。

(1) 甲状腺: 一对,一般呈椭圆形,位于喉头和气管之间的腹面,其分泌物称甲状腺素,含多量碘质。主要功用是提高新陈代谢和促进一般的生长和发育,刺激身体各种组织细胞进行氧化,释放能量。缺乏甲状腺素,除影响生长、发育外,还会引起皮肤干燥和脱毛等症状。但如甲状腺素分泌过盛,则会出现代谢增高,心跳变快,眼球凸出等病象。机体在经常缺乏含碘物质的情况下,往往会引起甲状腺肿大(俗称大脖子)。

(2) 副甲状腺: 又称甲状旁腺,通常位于甲状腺的背侧,形小,呈卵圆状或锥体状,其分泌物称副甲状腺素,能调节血液内的钙和磷的含量,与维生素D的合成有关。当分泌不足时,骨和齿就生长不良。但若分泌过多,则骨中钙质化合物被分解,血中钙量因而增加,由尿排出,有时会形成肾脏或输尿管等结石现象,较为严重时可造成软骨病。

(3) 胰岛腺: 胰脏是内外分泌腺,除能分泌消化液之外,

在其组织中尚有小细胞群,称胰岛,能分泌两种激素:一为胰岛素,一为高血糖素,均为简单蛋白质激素,与碳水化合物的代谢有关。胰岛素能促进血糖(血液中葡萄糖)的转化,一方面使葡萄糖转化为糖元,提高肝脏及肌肉内糖元的贮藏量,另一方面又能促进血糖的氧化。高血糖素是近年来才发现的一种激素,其作用适与胰岛素相反,能促进肝糖元转变为葡萄糖,从而增加血糖的浓度。缺少胰岛素,则血糖过高,得糖尿病,可用胰岛素注射医治。

(4) 肾上腺: 又称副肾腺,是两个小腺体,分别位于左右肾脏前端。由内外两部构成。外部色较淡,称皮部,内部称髓部。

皮部分泌几种激素,总称肾上腺皮质激素,简称皮质激素,能调节盐与水分的均衡和糖类的代谢(促进蛋白质转化为糖类),并能促进性腺的发育和次性征的发达。动物如切除皮部就会死亡。

髓部分泌的激素,主要是肾上腺素,其作用相当于交感神经末端所分泌的交感素,即具有增加血流和血糖,加速心跳,扩张气管,扩大瞳孔,抑制内脏平滑肌收缩的作用。扩张血管,但使皮肤血管收缩,并能使毛竖立。

(5) 脑下垂腺: 又称脑下垂体,位于间脑之下,可分前叶、中叶及后叶三部。

前叶分泌下列几种激素: 1)生长素,有促进身体生长作用。但在身体生长期,此种激素如分泌过多,会增加组织内的蛋白质,形成畸形巨汉。如分泌过少,就会成为矮小侏儒。2)促甲状腺素,有刺激甲状腺分泌甲状腺素的作用。但血液中甲状腺素含量增多时,就会抑制前叶促甲状腺素的分泌。3)促肾上腺皮质激素,有促进肾上腺皮部分泌皮质激素的作



用。4)促性腺激素，与性器官的成熟有关。分为卵泡刺激素和黄体刺激素。雌性和雄性动物都产生这两种激素。卵泡刺激素能促进精子或卵成熟。黄体刺激素能促进睾丸间隙细胞的活动，或加速卵的释出，并使卵泡产生黄体。5)生乳素，有刺激泌乳和刺激黄体分泌孕素的作用。

中叶分泌的物质功用不明。低等脊椎动物的中叶分泌物有控制皮肤颜色的作用，能使色素细胞中的色素扩散，使皮肤颜色变深。

后叶包含两种激素：1)加压素，有升高血压作用（促使小动脉微血管收缩）和抗利尿作用（促进肾小管内水分重新吸收，以维持机体水分的均衡）。2)催生素，能使子宫收缩和乳腺排乳。

(6) 生殖腺：主要是精巢（睾丸）和卵巢。

精巢的精细管间的间隙细胞分泌雄性激素，可促进次性征发达（如生胡须，声音宏大等）。

卵巢分泌两类激素：一类是由卵泡分泌的雌性激素，也叫卵泡素；一类是由黄体分泌的激素，叫孕素，也叫黄体素。雌性激素有刺激次性征发达和促进子宫、阴道等器官发育的功能。孕素能刺激子宫内膜增生以接纳受精卵，使其固着于子宫粘膜上，并维持妊娠的正常进行和促进乳腺的发育。此外还有阻止卵再行成熟的作用。缺乏时可引起流产。

除上述几种无管腺外，尚有脑上腺、胸腺和消化道等，也有分泌激素的机能。脑上腺位于间脑之上，其分泌物功用不明，可能与生长及性成熟有关。胸腺位于胸部，是一种淋巴器官，幼体时期特别发达。一般认为它的分泌物可促进生长及抑制性器官的早熟。消化道的激素有胃素和肠素等，前者为胃粘膜所产生，能刺激胃消化液的分泌；后者由十二指肠分泌，



有激活胰蛋白酶原产生胰蛋白酶的作用。

综上所述,可见激素机能是相当复杂的。各个内分泌腺不但能调节身体各部器官组织的生理机能,而且彼此之间有着密切的关系,能相互调节功能,从而保持着生理机能上的相对平衡。例如,脑下垂体前叶的促甲状腺激素有刺激甲状腺分泌激素的作用,但当甲状腺素分泌多了,又能转而抑制脑下垂体前叶促甲状腺激素的分泌,以保持甲状腺机能正常,而不致过分亢进。但当血液中甲状腺素的含量由于在代谢过程中消耗而降低时,对脑下垂体前叶的抑制作用便逐渐消失,因而后者的分泌物又能对甲状腺起作用。可见,这两种内分泌腺之间,存在着密切的相互关系。一方面互相对立,一方面又互相联结,在一定条件下,矛盾双方又能互相转化。脑下垂体前叶内分泌原来处于主导地位,但当甲状腺素多了,就转化为次要地位;而甲状腺即变到相反的状态去,由被支配地位转变为支配的地位。

其他如肾上腺与脑下垂体之间也有类似关系。由于这种密切的相互关系,才能使机体各部生理机能得到协调。但必须指出,内分泌腺的机能是受神经系统支配的,中枢神经系统的机能发生障碍时,可使内分泌的机能失调,从而使代谢过程发生紊乱。

### 三、动物的繁殖和胚胎发育

动物与植物一样,当个体发育到一定阶段,就要进行繁殖,形成新个体,使这种动物能延续和发展下去。掌握动物的繁殖规律,对增产经济动物,防治和消灭有害动物,都有重大意义。动物的繁殖也分为无性和有性繁殖。无性繁殖在低等动物中较常见。动物界中有性繁殖比无性繁殖更广泛,较高等的

动物多是有性繁殖。现以哺乳类为例，简要说明有性繁殖的过程。

哺乳类与其他动物一样，个体发育分几个阶段，各个发育阶段都是从量变到质变的过程，各阶段相互联系，相互依存，但在本质上又是互有区别的。我们必须用辩证唯物主义的观点，研究和认识动物个体发育的规律，并使它为社会主义经济建设服务。

### (一) 生殖细胞

哺乳类的雄性生殖细胞叫精子，在雄体精巢内的精细管里产生；雌性生殖细胞叫卵子，在雌体卵巢里产生。

精子一般形如蝌蚪(图 154)，体积小，须在显微镜下才能看到。猪精子长37.5~62.5微米，牛61~78微米，绵羊70~75微米。精子具运动能力，是一个高度分化的细胞。在高倍显微镜下观察精子形态，一般分为头、颈、体和尾四部。各种动物精子

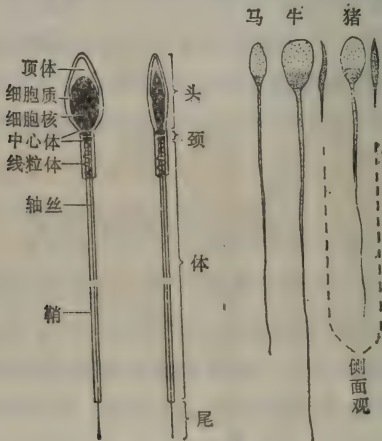


图 154 哺乳类精子

头部形状虽然不同，但都是由细胞核构成的。头部前端是顶体，可分泌酶，在受精过程中有重要作用。颈很短。体较长。尾最长，占精子长  $3/4$  以上，能自由摆动，使精子运动。精子形成时经过减数分裂，由双倍体变为单倍体。精子对外界环境变化很敏感，因此在家畜人工授精时，对良种精子的采集和保存必须十分注意。在高渗或低渗溶液中精子均易死亡，0.9%生理盐水接近精子的渗透压。精子必须在接近中性的酸碱度溶液中才能生存(猪的精子最适 pH6.8~7.2, 牛 6.3~6.8, 羊 6.2~6.8)。温度和光线对精子也有影响，超过 50℃ 时蛋白凝固，精子死亡；在 35~40℃ 时，精子活力最强，能量消耗也快，因而仅能生存 4~6 小时；在 10℃ 以下活力显著降低；2~5℃ 时，近乎休眠；精液在低温(零下 79℃)深冻条件下，可保存受精能力 2~3 年之久。光线可刺激精子加强活动，使精子寿命缩短。因此，精子应贮放在暗色瓶中。

哺乳类的卵子呈圆形，体积比同种精子大(图 155)，牛卵直径约为 125 微米，绵羊 124 微米，猪 100 微米，马 135 微米。卵子不能运动，也是一个高度分化的细胞，核球形，有清楚的核仁。胞质内含有均匀分布的卵黄颗粒。卵子外包有一层卵黄膜，卵黄膜外有一层透明的厚膜叫做透明带；透明带

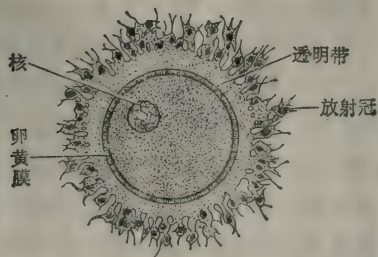


图 155 卵的模式图

外,还围有几层卵泡细胞,因呈放射状排列,故名放射冠,有营养和保护卵子的作用。卵子在形成过程中进行减数分裂,所以在成熟卵子的核内也只有单倍染色体。

## (二) 排卵和射精

动物卵子从卵巢排出,叫做排卵。精子从贮精囊中射出,称为射精。鱼类、两栖类的卵和精子都排到水中,它们在水中相遇后受精,这叫体外受精;陆生脊椎动物(爬行、鸟、哺乳)通过交配使精子在雌体内与卵子相遇受精,叫体内受精。体内受精可以大大提高卵的受精率。

哺乳类动物性成熟后,雌体定期从卵巢中排出卵子,雄体从精巢里产生精子,通过交配使精子到达雌体与卵相遇受精,进行繁殖。

哺乳类动物排卵有一定周期性,这种现象叫做性周期。猪和牛平均 21 天排卵一次,羊 17 天。家畜在排卵前一般有发情现象,发情时母畜性欲冲动,有接近异性要求。排卵时间与发情关系密切,猪在发情开始后 20 小时排卵,排卵可进行 2~3 天;牛在性欲消退后 10~15 小时排卵。卵子从卵巢排出后进入输卵管,家畜卵通过输卵管的时间,马、牛约 4 天,羊、猪约 3 天。卵在排卵后可存活 12~24 小时或更长。卵子衰老时,受精作用就不正常,或者不受精,或者受精后胚胎易死亡。卵子保存受精能力的时间一般是在卵通过输卵管上 1/3 段处时,约 6~12 小时之内。掌握家畜发情和排卵规律,对牲畜杂交育种和避免空怀等都有一定意义。同种家畜由于品种不同,发情和排卵规律也不相同,必须在实践中深入调查,弄清情况,才能掌握主动权,定向地改良家畜品种。

哺乳类动物的精子在雄体的睾丸内产生,经输出管进入



附睾。这时精子还不能运动,经过储存,在生理上成熟后,才产生运动能力。精子从附睾、经输精管到尿道与贮精囊、前列腺和尿道球腺分泌的液体混合,形成精液,然后从尿道射出体外。交配时,排出的精子经雌体的阴道和子宫颈、子宫腔,再靠子宫和输卵管平滑肌的收缩,送到输卵管上端。如在一定时间内能与下降到输卵管里的卵子相遇,就可受精。为了提高受精率,需要做到适时配种,而精子运送到输卵管上部也需要时间(猪为 1.5~2 小时),因此,准确计算交配时间很重要。

### (三) 受精过程

受精是卵子与精子相遇而结合的过程,分三个阶段(图 156):

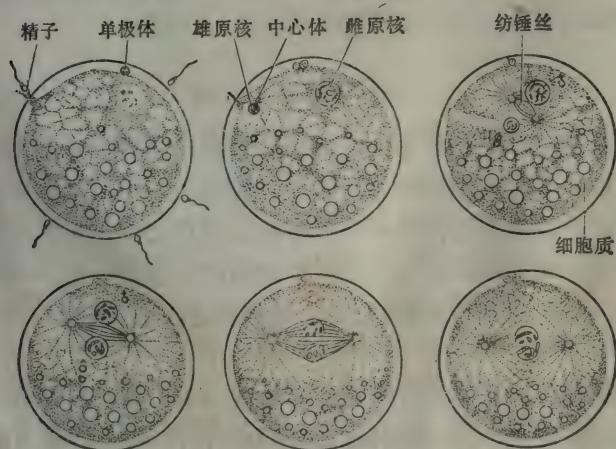


图 156 受精过程

**精子入卵:** 精子接近卵时,顶体膨胀,放出酶以溶解卵外的透明带,使精子得以进入卵内。到达卵之表面的精子数量

很多,但只有少数精子能进入卵内,正常情况下,只有一个精子与卵结合。

**雌雄原核的形成:** 精子入卵后,其头部膨大,形成典型核状,此时的精核叫雄原核。同时,卵核正完成第二次成熟分裂,发展成雌原核。雄原核比雌原核小,故极易区别出来。

**雌雄原核结合:** 雌雄原核形成后,互相靠近。待两核之核膜消失后,核物质按一定次序混合排列,恢复成双倍染色体,并立即进入第一次卵裂。

受精不仅在形态上发生变化,而且是一个复杂的生理和生化过程。受精卵的新陈代谢加强,耗氧量增加,温度略有上升。这些变化说明精子和卵相互作用,激发了整个受精卵酶系统的活动,导致全部化学变化的增进,使有较大的能源,为受精卵进行分裂提供必要的条件。

#### (四) 早期胚胎发育

**卵裂:** 卵受精后不久,即开始卵裂。哺乳类动物卵裂缓慢,细胞分裂也不规则,时间有早有晚。一个受精卵分裂为二,以后各次分裂快慢不一,有时可出现三个、五个细胞时期。由于细胞不断分裂,形成多细胞团状的桑椹胚。一般卵裂在输卵管中进行到囊胚,而牛的卵裂要到子宫中才完成(图157)。

**囊胚:** 由于卵裂时细胞分裂快慢不一,细胞的大小和胞质的透明度也不同,分裂快的细胞大而色浅,将小而色深的细胞包围起来,形成有空隙的细胞团,叫做囊胚,又名胚泡,当中的空腔叫囊胚腔。囊胚外面的细胞不参与胚体的形成,主要是保证胚体的营养和呼吸,将来发展成滋养层,以后形成胚膜。聚集在囊胚内一端的小而色深的细胞团,叫胚结,以后形

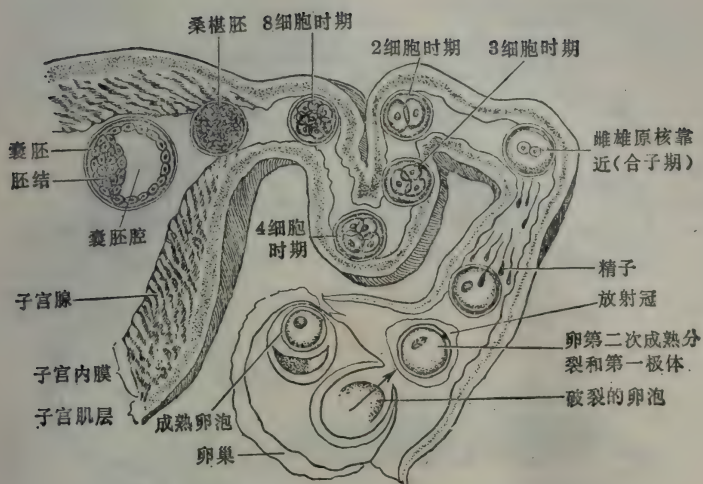


图 157 家畜排卵受精卵裂示意图

成胚胎。

**原肠胚：**随着囊胚的增大，在胚结靠囊胚腔的腹面的细胞出现分层，新分出的这层细胞叫内胚层，内胚层背面的一层叫外胚层（图 158）。以后内胚层形成原肠，此时的胚叫原肠胚，原肠中的空腔叫原肠腔。以后胚结处滋养层细胞退化，胚结细胞扩展成胚盘，胚结尾端中央的细胞迅速增厚成原条（图 159）。原条前端细胞密集成结，叫原结，原条中央内陷成沟，叫原沟，细胞由原结、原沟向内卷到内外胚层之间形成中胚层。经过细胞分层和移动，分化成三胚层，由三胚层分化为机体各组织与器官。外胚层分化为皮肤及附属物毛发、神经系统及感觉器官；中胚层分化为肌肉、结缔组织、泌尿生殖系统、淋巴及血液等；内胚层分化为消化与呼吸器官及内分泌腺等。

**胚胎的种植：**哺乳类的卵子在输卵管上段受精后，受精

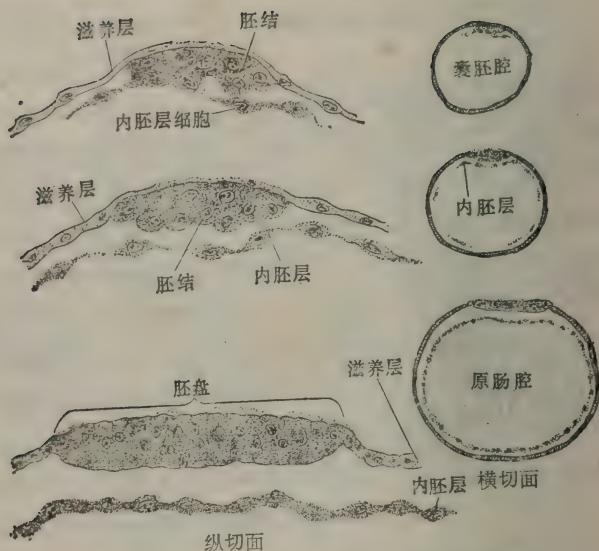


图 158 7~8 天猪胚切面示意图(示内胚层分化)

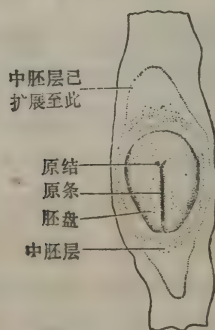


图 159 12 天猪胚表面观

卵沿输卵管下降到子宫腔，此时已发育到囊胚期。滋养层细胞分泌溶酶，破坏子宫内膜，使胚胎埋植到子宫内膜里，开始与母体子宫内膜发生接触。胚胎不断发育长大，渐渐向



子宫腔突出，最后进入子宫腔中。多数哺乳类的胚胎都是在母体子宫内发育的，并通过胎盘由母体吸收营养，这种繁殖方式叫做胎生。

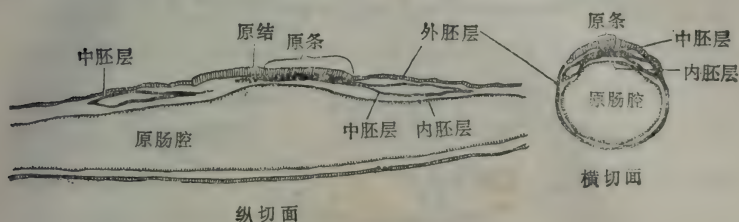


图 160 12 天猪胚切面示意图

## (五) 胎膜和胎盘

胚胎在子宫内膜种植后，逐渐形成胎膜和胎盘。

1. 胎膜 哺乳类的胎膜包括羊膜、绒毛膜、卵黄囊和尿囊。胎盘和脐带都是在胎膜的基础上形成的(图 161)。

羊膜、绒毛膜：羊膜是一层透明的薄膜，包围在胚胎的外面。羊膜和胚胎之间为羊膜腔，其中充满羊水，胚胎漂浮在羊水中，可以向各个方向发育和自由活动而不受阻碍。羊水可缓冲压力，故有保护胚胎的作用。

羊膜外面还有一层绒毛膜，其表面有绒毛突起。哺乳类动物卵小，卵黄少，胚胎发育所需营养物质主要通过绒毛膜从母体获得。绒毛膜上的绒毛突起有扩大营养吸收面积的作用。胚胎发育早期，绒毛膜通过渗透方式从母体子宫内取得营养；稍后，胚胎绒毛膜与子宫内形成胎盘，通过胎盘上的血管，可以从母体血液中获得氧气和营养。

尿囊：尿囊是胚胎后端腹面的原肠内胚层和中胚层向外突出的囊状物形成的，在尿囊壁上有尿囊动、静脉分布，以后

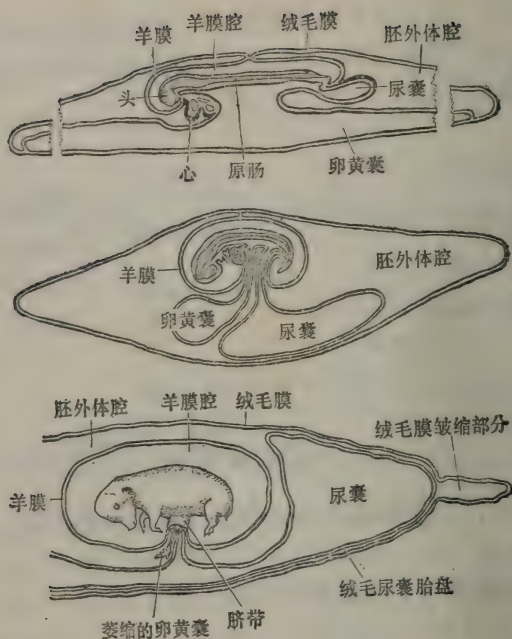


图 161 猪胎膜形成模式图

尿囊和绒毛膜一道形成尿囊绒毛膜胎盘；灵长类尿囊在发育过程中退化，仅尿囊动脉和尿囊静脉发达形成脐动脉和脐静脉。

**卵黄囊：**卵黄囊是胚胎中段腹面的原肠内胚层和中胚层向外突出的囊状物。卵黄囊壁上也有血管分布。胎生哺乳类在胚胎发育过程中形成了胎盘，可以直接从母体获得营养，因而卵黄囊作用不大，形成不久即退化。

**2. 胎盘** 胎盘是胎儿与母体暂时联系的器官，由胎儿的绒毛膜与母体子宫内壁形成。根据绒毛膜与子宫内壁结合的程度不同，胎盘分为蜕膜胎盘和非蜕膜胎盘两类。蜕膜胎盘，

绒毛膜和子宫内壁结合非常紧密，分娩时，子宫内壁的一部分破裂，并随之脱落，这种子宫内壁称做蜕膜。由于子宫内壁受到破坏，分娩时子宫出血。这类胎盘常见的有两种：一种为盘状胎盘（如人、猴、鼠、兔）（图162），另一种为环状胎盘（如猫与狗）（图163）。非蜕膜胎盘的绒毛膜与子宫内壁仅有较疏松的接触，分娩时绒毛由子宫内壁拉出，如手指从手套中脱出一样，子宫内壁不受损伤，分娩时子宫不出血，此类胎盘又分为弥散式胎盘（如猪、马）（图164）和子叶式胎盘（如牛、羊）（图165）。胎儿与胎盘以绳索状的脐带相联。

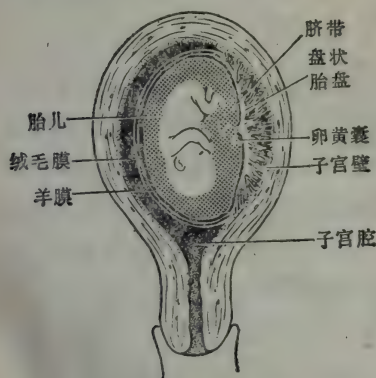


图 162 人的盘状胎盘



图 163 狗的环状胎盘

胎盘是胎儿的营养器官，同时又是呼吸器官和排泄器官。母体血液中的氧气和营养物质由子宫内壁的微血管通过渗透和扩散作用进入绒毛膜上皮的微血管内，再由脐静脉汇合流入胎儿的血液内。胎儿新陈代谢过程中排出的二氧化碳和废物则由脐动脉送到绒毛膜上皮微血管，同样经过渗透和扩散等作用进入子宫内壁的微血管内，随着母体的血液循环而排出体外。因此，母畜在怀孕期的消化、呼吸、排泄、循环等各方

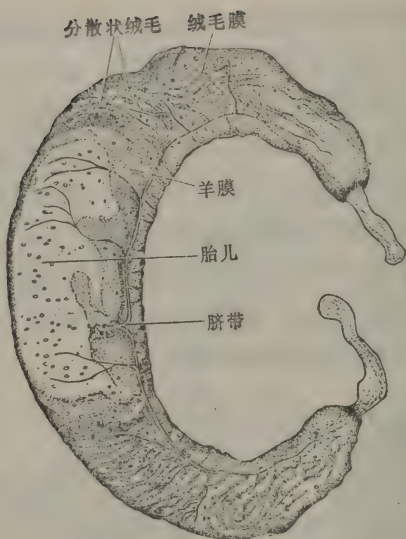


图 164 猪的弥散式胎盘

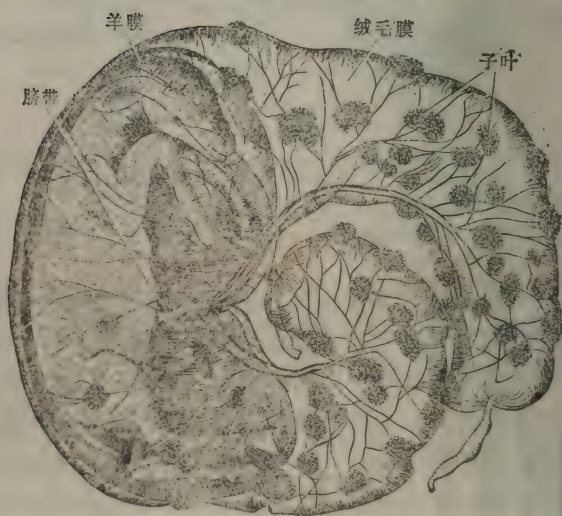


图 165 羊的子叶式胎盘



面生理机能都加强,需要在饲养管理方面给以特殊照料。

## (六) 妊娠与分娩

胎儿在母体内发育所经历的时期,称为妊娠期(或叫怀孕期)。哺乳类动物妊娠期的长短因种类不同而异。经过妊娠期,胎儿完成了在母体内的发育阶段,便脱离母体产出,叫做分娩。胎儿产出后胎膜和胎盘(也称胞衣)也随之产出。脐带在胎儿产出后或自然断裂,或由母畜咬断,使胎儿和胎盘分离。

## (七) 胚后发育

从胎儿的产出到性成熟为止的这段发育叫胚后发育,广义的胚后发育还包括成年期和衰老期在内。哺乳类的胚胎在子宫内发育,营养有保证,所以胚胎发育时期比非胎生动物长得多。产出的幼仔形态和成体相似,但生理机能还不十分完善,不能自由生活觅食,有一段时间需要母体乳腺分泌乳汁喂养,这段发育期叫哺乳期。断奶后的各个发育阶段的生长情况也不相同。根据家畜不同发育阶段的生长规律,合理地进行饲养管理,是发展畜牧业的有效措施。上海川沙县东沟公社运用毛主席的哲学思想,在实践中摸索和掌握了猪的生长规律,合理搭配饲料。在断奶期照顾到断奶猪在食欲上的特殊性,先喂精饲料,然后逐步增添粗饲料,使小猪断奶时逐渐适应粗饲料,做到“断奶不落膘”。在长架子期则多喂青粗饲料和矿物质丰富的饲料,使保持一定的膘分。在肥育期则适时地增添精饲料,进行催肥,使猪迅速长膘。终于饲养出体型高大、膘肥肉壮的肉用猪。

## 动物的类群

毛主席教导我们：“无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的”。我们区别和认识形形色色、多种多样的动物，了解它们的生活规律和特性，是为了更好地利用或控制它们为社会主义农林牧副渔的生产以及工业、医药卫生服务。

“对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。”通常我们区别相近的动物种类，常依据表面的微小差异和体色的不同，有的凭经验，有的须仔细鉴定。但是，对于动物类群的区分，即门、纲、目的分类，如依据表面的微小差异，即使是一些本质属性，仍是很不一致，无从着手进行。因此必须根据如下这些基本特征，加以分门别类。

(1) 细胞的分化状况：原生动物只有一个细胞，具有细胞内的分化。多细胞动物都有不同程度的细胞分化，形成不同的组织、器官、系统。

(2) 体形的对称状况：分两侧对称，辐射对称等。两侧对称又称左右对称，即通过身体的主轴，只能作一个平分体躯为相等的平面。因此，体躯有左右腹背之分，高等动物的体形均属此类。辐射对称是指通过动物主轴的许多切面，都能使这个动物分成两个相等的部分，象车轮那样，如腔肠动物的水母等。

(3) 胚层：低等多细胞动物仅两胚层——外胚层和内胚层。外胚层构成体壁层，内胚层组成消化管。高等动物具三

胚层,中胚层在内外胚层之间,构成身体的其余部分。

(4) 腔管的结构: 在低等多细胞动物,是双层的皮囊,具一中空的腔肠,由口和外界相通。高等多细胞动物都具有双腔管,整个身体结构就象小管子套在大管子里一样,其内管即为消化管,由内胚层组成,前口,后肛门;其外管的体壁披以外胚层的表皮。内外腔管之间为体腔,衬以中胚层源的体腔膜。原始体腔则无体腔膜。

(5) 体节: 有好几门动物,按体躯的纵轴划分为体节,或等分明显如环节动物(蚯蚓之类);或併合分部,容易辨认,如节肢动物(虾、蟹、昆虫之类);也有完全消失,如软体动物。脊椎动物的身体局部地保留着分节,脊柱由一块块的脊椎骨组成。

(6) 其他个别门的特征: 根据动物体内是否存在着脊椎骨而将整个动物界分成无脊椎动物和脊椎动物两大类。但是,脊椎动物仅仅是属于脊索动物门下的一个亚门。所以,对于某些门的独特的特征,大有考虑的必要时。例如,脊索尽管在成体脊椎动物中已由脊椎所代替,仅在胚胎时期出现,但仍不能忽视。同样,腔肠动物的刺细胞也是独一无二门的特征。

此外,动物的生活环境虽不能作为分类的依据,但往往成为它们某一类的唯一习性。例如,棘皮动物门全为海产,原生动物的孢子虫纲、扁形动物的吸虫纲和绦虫纲全部寄生等,也应当加以注意。

## 一、原生动物门

这是最低等的一门动物,除少数种类是细胞群体外,所有单细胞的动物都属这一门。体内有细胞核、细胞质、细胞膜,还有一些特化的细胞器官,如纤毛或鞭毛、空泡、眼点等,分别



担负特殊的生理机能。这类动物构造虽然十分简单，但它们在生活时一样要进行营养、呼吸、排泄、生殖等生命活动。

原生动物大部分生活在水中，另外有些生活在潮湿的泥土里，有些寄生在其他动物的血液、消化道和细胞内，少数还可以寄生在植物体内。自由生活类型的原生动物当环境处于不利时，原生质缩成一团，形成包囊，可以随流水或风尘传播，这也就是它们分布广泛的原因。

原生动物绝大多数都要在显微镜下才能看到，根据它们的运动方式可以分为五纲。

1. 变形虫纲 身体没有一定形状(故称变形虫)，常常伸出原生质的突起，叫伪足。在原生质内还有核，一个或多个伸缩泡和许多食物泡。这些动物就是靠伪足来运动。有些种类的伪足叶状，如变形虫(图 166)；有些种类的伪足象针，如淡水

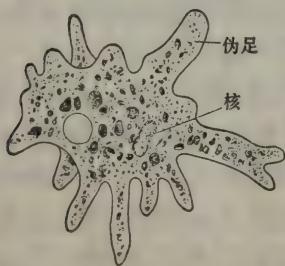


图 166 变 形 虫

里的太阳虫；有些种类，如海洋里的有孔虫，能由原生质分泌一种白垩质介壳，各种有孔虫的壳体，在沉积岩中常形成层状的沉积。地层中的某些有孔虫的化石和石油的产层，常联系在一起，故在勘测含油岩层时，有孔虫的化石常可作为一种标志。

还有一类放射虫，能分泌硅质，组成美丽精致的骨骼，这些骨骼在海洋底层，形成燧石一样的硅质岩。营寄生生活的变形虫如痢疾变形虫，寄生于人体肠内，能引起虫病。

2. 纤毛虫纲 体表遍生纤毛，靠纤毛的波动运动，最普通的代表是生活在水草丛生的淡水中的大草履虫(图 167)。大草履虫外形象只倒挂的草鞋，前端狭而圆钝，后端阔而尖，



体长约 0.15~0.30 毫米。体前一侧有一沟，沟底有孔为胞口，由于纤毛的波动，使水中可食之物沉积到胞口，再从胞口进入体内，形成食物泡。此外，还有两个伸缩泡和一个大核，一个小核。有些纤毛虫寄生在反刍类牛羊的胃里，和多种细菌构成复杂的食物链，对于纤维素的消化和提供丰富的蛋白质有着密切的关系。还有些纤毛虫寄生鱼体，如多子小瓜虫，对渔业生产危害很大。

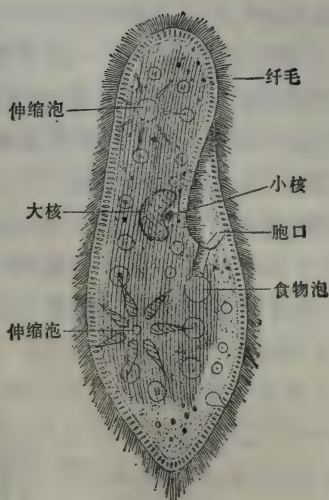


图 167 大草履虫

**3. 孢子虫纲** 这类动物没有运动器，全部寄生，所以形态构造很简单，但它们的生活史却往往是很复杂的。对于人类危害最大的是疟原虫，其他还有些种类是家禽、家畜及鱼、蚕的寄生虫。

疟原虫是引起疟疾(又叫冷热病、打摆子)的一种寄生虫，由疟蚊传播。寄生人体的疟原虫主要有三种：间日疟原虫(引起间日疟，即每隔一日发作一次)，三日疟原虫(引起三日疟，即每隔二日发作一次)，恶性疟原虫(引起恶性疟，发作周期不规则)。当带有疟原虫的疟蚊叮吸人血时，混在蚊唾液中的虫体(子孢子)就进入人体血管，随血液流到肝脏，在肝细胞内进行分裂繁殖，产生许多潜隐子。由于疟原虫的分裂繁殖，使这一部分肝细胞膨胀破裂，从破裂的肝细胞里出来的疟原虫一部分再侵入新的肝细胞，一部分侵入红血细胞，循环周身。潜

隐子侵入红血细胞后成为营养体,开始时呈环状,后作变形虫状,长大后分裂为 12~24 个裂殖子,并破血细胞而出,再侵入新的红血球而成营养体,如此周而复始。每当裂殖子破坏大量红血细胞时,其代谢产物也跟着进入血液,使人发生寒战;当再侵入新的红血细胞时,又由寒战转入高热。疟原虫在人体内经过几回分裂繁殖,有些裂殖子进入红血细胞后又变为大配子母细胞和小配子母细胞,当疟疾患者的血为疟蚊所吸,大小配子母细胞便进入蚊胃内发育为大配子和小配子,并接合

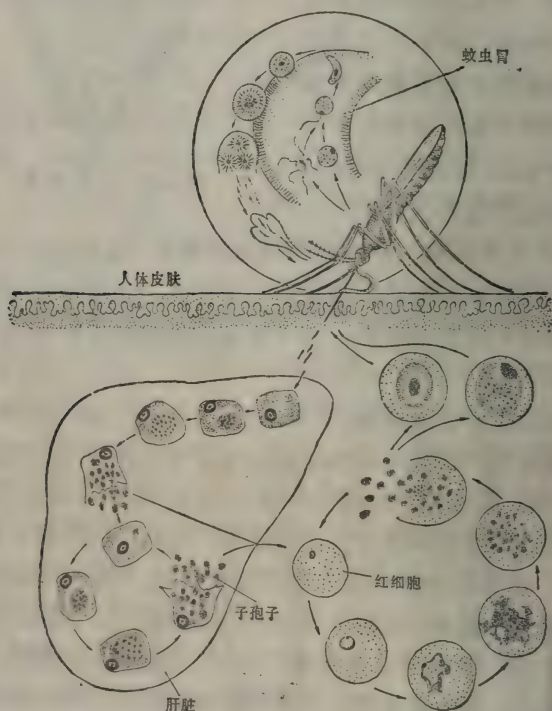


图 168 间日疟原虫生活史

为动合子,然后钻过胃壁至胃的另一面,形成囊状,叫卵囊。卵囊内的核经过多次分裂,每个小核带有一部分细胞质,形成子孢子。卵囊破裂后,子孢子通过体腔进入蚊的唾液腺内,如蚊叮人又可传染。疟原虫在人体内的繁殖方式是无性生殖,叫做无性世代,而在蚊体内进行配子结合而产生子孢子,是有性生殖,叫做有性世代。这种在生活史中具有无性世代和有性世代的交替现象称为世代交替(图 168)。

球虫是家畜、家禽主要寄生虫病的病原虫,其中有几种寄生在家兔的肝、胆囊或肠内,能引起球虫病。兔子感病后体瘦,食欲减退,腹泻,往往造成大批死亡。球虫由于其卵囊有厚膜包围,对环境条件抵抗力较强,尤其对消毒用的化学药品抵抗力很大,但对热和干燥的抵抗力却较弱,所以对球虫病的防治,除进行必要的隔离,以免健康的兔吞食病兔排出来的卵囊而得到传染以外,还可以用高温或干燥的办法进行消毒。球虫对于鸡、牛、羊等的危害也很大。

鱼的胶孢子虫病和蚕、蜂的微粒子病也都是由不同种类的孢子虫引起的。

4. 鞭毛虫纲 这类动物都具有很长的鞭毛,靠鞭毛的摆动而运动。身体一般呈梭形或椭圆形,有的体内有色素体,能象绿色植物一样营光合作用,还有眼点,能感光,营自由生活,如眼虫(见图 46)、单胞藻、团走子等,这类动物也可以归属于植物的藻类。但有的种类无色素体,不能营光合作用而营寄生生活,其中有些种类是某些疾病的病原虫,如锥虫、黑热病原虫等。非洲的睡眠病就是一种锥虫引起的,锥虫在人血中繁殖,产生毒素,麻痹神经,使病人昏迷不醒,严重时可致死亡。这种传染病是由一种采采蝇传播的。还有许多种锥虫寄生在家畜的血液中,是家畜的致病原虫。黑热病原虫寄生在

人体中，由白蛉子传播，患者有发热、贫血、皮肤发黑、肝脾肿大等症状。过去此病在我国长江以北，如苏北、山东一带危害很大。解放后在党的领导下，积极开展群众性的防治运动，现已基本消灭。

## 二、海绵动物门

在多细胞动物中，这一门是最原始、最古老的。身体由许多细胞组成，排成两层：外层是扁平的上皮细胞，内层围着中央腔，构成鞭毛室，这层细胞都是具有鞭毛的领细胞，有摄食、消化和激动水流的作用。内外层之间是中胶层，其中有造骨细胞、变形细胞和生殖细胞。海绵的各种形状的骨针和海绵丝，都是由不同的造骨细胞形成，支持着身体。海绵动物成体营固着生活，体壁有很多小孔，称入水孔，孔能伸缩以调节水流进入鞭毛室。水流经过中央腔后再从顶端的出水口喷出体外。海绵即从经过体内的水流中获取食料和氧，同时将废物排出体外(图 169)。

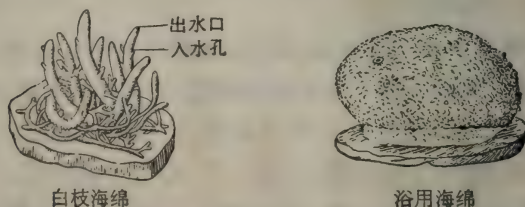


图 169 海 绵

海绵动物大多数是海产，只有极少数产于淡水中。一种浴用海绵经过发酵分解、漂白，可加工为天然的浴用海绵。在海边一些小型的海绵，常生于虾、蟹、牡蛎等壳上，生长极为迅速，往往堵塞或包围寄主的口部，使寄主不能取食而饿死。



海绵的幼虫还常移居至各种水利工程和水道建筑中，妨碍渠水畅流。

有些海绵动物如偕老同穴、拂子介，其骨针为玻璃质，具有精致美丽的结构，可以用作装饰品。

### 三、腔肠动物门

腔肠动物是真正的两胚层动物，它又是所有高等动物在演化上的共同祖先。这类动物身体呈辐射对称，典型的结构象是一个中空囊袋，袋壁也由两层细胞组成，分别称为内胚层和外胚层，两胚层之间还有一层无细胞构造的中胶层。囊袋的空腔即为消化腔，有摄食和消化的功能。有一口与外界相通，在口的周围有触手，能取食及运动。没有肛门，在消化腔内不能消化的剩余渣滓，仍由口部排出。海水、淡水中均有，有些是固着生活的，也有能漂浮生活的。

最能代表腔肠动物基本体构的是水螅（图 170），它生活在淡水池沼中，通常以底端分泌的粘液附着在水草上，另一端为口。水螅的外胚层细胞主要为保护，也有分化为感觉细胞和皮肤细胞的（图 171）。后一种细胞的基部上下延伸，内有肌原纤维，管理身体的纵向伸缩。在外胚层近基部处，还有分散的小细胞，能分化为刺丝细胞、神经细胞和生殖细胞。刺丝细胞有防御和猎取食物的作用。神经细胞多突起，互相联结成网状，身体任何一处受

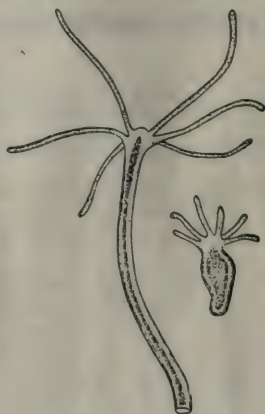


图 170 水 螅



图 171 水螅的纵剖面

到刺激，全身都能产生反应，称为散漫性神经系统。水螅的内胚层细胞可分为两类：①营养细胞，有1~2条鞭毛，激动水流，亦可伸出伪足，摄取食物，进行与原生动物相似的细胞内消化。②腺细胞，能分泌消化液，使食物在消化腔内进行细胞外消化（图171）。

海蜇也属于腔肠动物，形状象伞，它的体型基本上和水螅相似，只不过是近似管状的身体颠倒过来，并扩展为伞状，这样口部就向下而且延长成为口腕（图172）。这些结构都适合于它的漂浮生活。海蜇的伞部叫海蜇皮，口腕部叫海蜇头，均可食，是我国沿海特产之一。



图 172 海 蜇



图 173 红 珊 瑚

还有一类腔肠动物叫珊瑚虫，基本形状象水螅，大多数都能分泌角质或石灰质的骨骼。即为珊瑚（图173）。有的珊瑚

虫的石灰质骨骼色泽美丽,构造精致,常常当作观赏品。珊瑚虫都是海产的,有的珊瑚虫成群生于海底,并常常在遗骸上再长群体,一代一代,骨骼堆积成巨大的岩礁,甚至形成岛屿,即为海洋里的珊瑚礁或珊瑚岛。我国的西沙和南沙群岛就是这种珊瑚岛。

#### 四、扁形动物门

这一门动物的特点象是远古腔肠动物的辐射对称变为两侧对称,同时在内外两胚层之间产生了有细胞构造的中胚层。两侧对称是动物由水中漂游生活进入水底爬行生活的结果。由于定向的运动,扁虫身体开始分出前、后、背、腹。而中胚层的产生,随着就分化出一些为腔肠动物所没有的器官。神经系统开始向头部和腹部集中,形成叫做“脑”的头神经节和由此向后伸出的两根腹神经索。在两根神经索间又有许多条横的神经纤维相联络,成为梯状,叫做梯型神经。这种神经的生理功能是使刺激的传递有了一定的方向,这和腔肠动物散漫神经系统相比,是一个很大的发展。

扁形动物有自由生活的,也有寄生生活的。最常见的自由生活的扁虫是蜗虫(图 174),通常生活在池塘、溪流的石块下,形状象柳叶,长约 15 毫米。腹面伸出长吻,以小动物为食。营寄生生活的扁形动物又分为两纲:



图 174 蜗 虫

1. 吸虫纲 形状多数也象叶片,但腹面有一个或数个吸盘,用以吸着在寄主的内脏壁上,大都是为害人、畜的寄生虫,

如日本血吸虫、姜片虫、肺吸虫等。

日本血吸虫寄生人体，引起血吸虫病。血吸虫的成虫雌雄异体，具有两个吸盘：一个口吸盘，一个腹吸盘。雄虫体粗短，长8~10毫米；雌虫细长，长约22毫米。雌雄体合抱在一起，寄生在人体肠系膜静脉和肝门静脉系统血管内。雌虫在肠系膜小静脉末梢产卵，一条雌虫一次可产卵1000个左右。虫卵经血液流进肝脏，在那里造成肝脏的损伤，一部分沉积在肠壁小血管里并破坏血管和肠系膜组织，进入肠腔，再随粪便排出体外。如粪便落入水中，在合适的温度和光照下，很快就会孵出全身长了纤毛的幼虫——毛蚴。毛蚴一般可活2~3天，它在水中游来游去，当遇到钉螺即钻入钉螺体内，在钉螺的肝内生长发育，由毛蚴变成母胞蚴，由母胞蚴产生许多子胞蚴，再由每个子胞蚴产生许多尾蚴。成熟尾蚴可分体部与尾部，末端尾巴分叉。尾蚴逸出螺体，常浮于水面，碰上人体，即钻进皮肤而入血管，随血液流至肝门静脉和肠静脉系统，发育为成虫（图175）。

血吸虫病的症状，初起发烧，并有头疼、呕吐、腹泻和咳嗽等。当高烧消失后，病人仍是不想吃饭，轻度腹泻或象拉痢一样，并且贫血消瘦。如不及时治疗，病人可出现极度消瘦、腹水或大量呕血等肝硬变症状。

除人外，日本血吸虫也寄生在牛、马、羊、猪、兔、犬等动物体内。家畜血吸虫病不但影响牛、马等的役力，而且使这些动物成为血吸虫的保虫宿主，在自然界中传播血吸虫。因此，为了彻底消灭血吸虫病，也必须注意家畜的血吸虫病防治工作。

解放前，由于国民党的反动统治，血吸虫病给我国广大劳动人民造成了很大灾难。解放后，广大贫下中农和卫生防疫工作人员，响应伟大领袖毛主席关于“一定要消灭血吸虫病”的伟大号召，在各地党组织的领导下，同血吸虫病进行斗争，掀



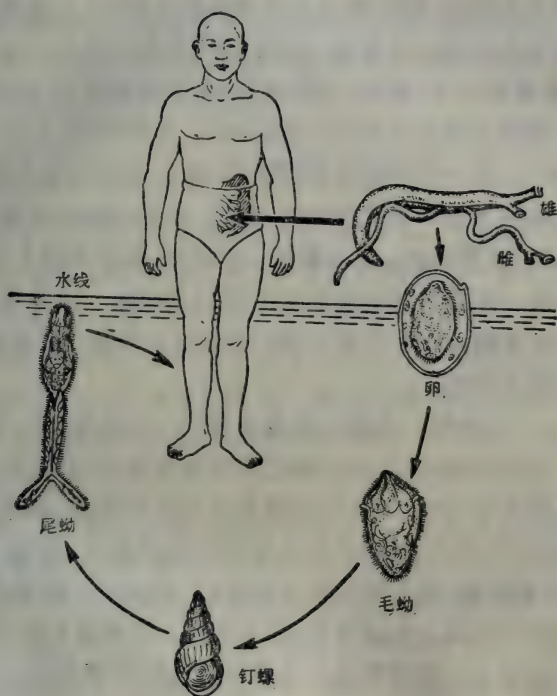


图 175 血吸虫生活史

起了轰轰烈烈的消灭血吸虫病的群众运动，创造了积极防治的综合性措施，开展大规模群众性的治疗，土埋灭螺，铲除钉螺的孳生地，利用血吸虫卵不能耐受高温的弱点，实行粪便管理，使其发酵产热以杀死血吸虫卵，注意安全用水，提倡饮用井水，血防工作取得了很大的成绩。在党和毛主席的领导下，我们一定能在较短的时间内彻底消灭血吸虫病。

姜片虫寄生在人、猪的肠内，形似姜片，中间宿主是扁卷螺。在螺体内发育成熟的尾蚴进入水中，遇到菱、藕、荸荠、茭

白等水生植物,就在茎或果实表面形成囊蚴,人或猪吃了有囊蚴的生菱或生的荸荠后,就在肠内发育为成虫,如数量很多时,能使肠发炎、溃疡,引起腹泻,重者面部浮肿,腹部积水。

肺吸虫寄生在人、狗、猫的肺内,体形卵圆,大小和形状略似黄豆。第一中间宿主是川卷螺,第二中间宿主是虾、蟹。人或动物吃了这种未煮熟的虾、蟹后,幼虫(囊蚴)被吞入至十二指肠内,破囊而出,穿过肠壁,经腹腔、胸腔而侵入肺内,发育为成虫。感染肺吸虫后的主要症状是咳嗽,痰中带血和带有金黄色虫卵,胸痛,不能安睡,如寄生到大脑,可引起抽风、脑出血或大脑炎。

2. 绦虫纲 虫体一般是长带状,分头结、颈、节片三部,节片很多,连接成链状。消化系统完全退化,神经和排泄两系统贯穿各节片中,每节中有很发达的生殖器官,雌雄同体。如猪绦虫、牛绦虫、鱼绦虫等。猪绦虫体形扁长,带状,长者可达4米,乳白色,成虫寄生在人的肠内,幼虫——猪囊尾蚴,寄生在猪体肌肉内。头结泡状,环生钩齿,并有四个吸盘,用以吸附在肠壁上。颈部细小不分节,能不断用横裂方式产生后面的节片。节片约有700~1000节、依据节片内雌雄生殖器官的成熟情况,可分为未成熟节片、成熟节片和老熟节片三种。老熟节片在虫体后段,其子宫充满许多虫卵,卵在子宫已发育为幼虫,叫六钩蚴。老熟节片常一至数片为段,自虫体后端陆续脱落,随同宿主粪便,排出体外。猪吃了绦虫的老熟节片或虫卵,卵中的六钩幼虫即钻入肠壁,随血液流到肌肉内发育为猪囊尾蚴,人吃了没有煮熟而带有猪囊尾蚴的猪肉,猪囊尾蚴便在肠内发育为成虫。所以猪是它的中间宿主,而人即为终宿主。人也可作为中间宿主通过自身感染引起囊尾蚴病。绦虫没有口,也没有消化管,是借体表渗透作用在寄主肠内直

接通过体壁吸收寄主的养料,这是高度适应寄生生活的结果。

猪绦虫、牛绦虫、鱼绦虫的成虫都寄生在人体,而猪、牛、鱼则是它们生活史中的中间宿主。

## 五、线形动物门

本门动物身体细长,略呈圆柱状,无体节,与人的关系极密切,简称线虫。内部器官有两个突出的特征:一是在消化管的后端出现肛门,这样,食物在消化管内就沿着一个方向通过,消化机能可因部位不同产生分工;二是体壁与消化管间出现初级原始体腔,内含大量的体液。线虫体壁只有纵肌,无横肌,运动时由于纵肌的前后方向的收缩,身体只能作“S”形的弯曲。线虫种类很多,分布广泛,不少是动植物的寄生虫。自由生活的种类分布在土壤、淡水和海洋里。线虫也有寄生于人体的,如蛔虫、钩虫、旋毛虫、血丝虫、蛲虫等。

蛔虫是一种最常见的人体寄生虫,寄生在人的小肠中,吸取养料。成虫长约15~28厘米,前端有口,围以三个唇片,后端有一横孔即肛门。雌雄异体,雌大雄小。雌虫在近身体中部有一生殖孔。雄的尾端略向腹面弯曲。一条雌虫一昼夜可产卵20万个。卵随宿主粪便排出体外,在温、湿、荫蔽和氧充足的土壤里发育为含有幼虫的成熟卵。这种成熟卵粘附在泥土、蔬菜、水果、手上,也可以存在于水中,人吃了不洁的食物或水,或用手拿东西吃,虫卵就会随着进入人体。幼虫在人的肠里孵出,穿过肠壁随血液流至肝门静脉,再经肝、心到肺,沿气管至喉部,由食道下咽到胃,在肠内发育为成虫。人被寄生后常面黄肌瘦,有时发生呕吐、噁心、腹痛、咬牙、头痛等症状。除人蛔虫寄生在人体外,尚有猪蛔虫、鸡蛔虫分别寄生在不同的家畜、家禽体内,它们的生活史与人蛔虫相似(图176)。

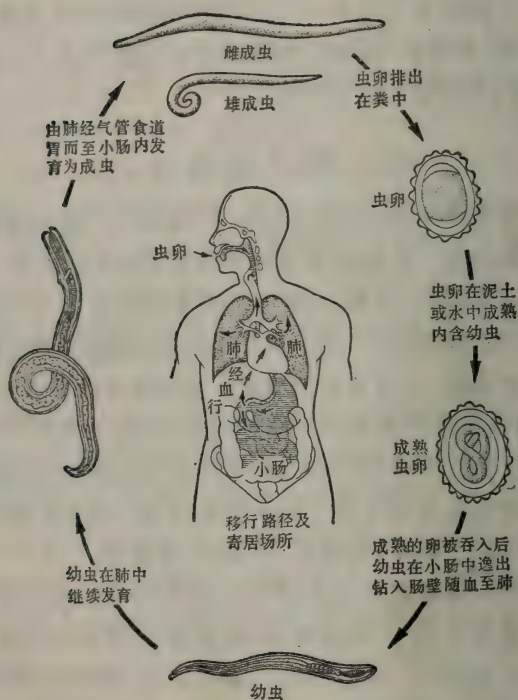


图 176 钩虫生活史

钩虫也是一种常见的寄生虫，能引起钩虫病，浙江称为“黄胖病”、“桑叶黄”，湖南称为“黄肿病”，四川称为“水癞病”。我国寄生于人体的钩虫有两种：十二指肠钩虫和美洲钩虫。这两种钩虫的外形很相似，成虫大小象绣花针，雌虫长约 12 毫米，雄虫较雌虫略小，长约 9 毫米，尾部有花瓣状的交合伞。在显微镜下，十二指肠钩虫的口腔内有两对钩状的牙齿，美洲钩虫只有一对半月状齿板。

钩虫成虫寄生在人体的小肠，雌雄交配后，雌虫就经常不



断地排卵于患者肠腔中，虫卵随粪便排出体外。如含有虫卵的粪便未经发酵等无害化处理而施入土中，在适宜的温度与湿度下，虫卵孵化为幼虫，破壳而出，发育为感染性幼虫，当人们赤足下地劳动，接触含有钩虫幼虫的泥土，幼虫就钻进皮肤，随血液循环至心脏，再转移到肺，经气管、喉头，过咽入胃而至小肠，发育为成虫(图 177)。如寄生数量较多时，对人的危害也很大。患者常有消化不良、恶心、呕吐、呼吸困难、心悸亢进、精神烦躁、全身浮肿、严重贫血等症状。

旋毛虫的成虫寄生在人、猪、鼠等的小肠。卵胎生，幼虫脱离母体后，大部分穿入肠壁，随血液流到全身许多部分的肌肉内发育。人吃了没有煮熟的含有此幼虫的猪肉而感染。感染后一周内可能有恶心、腹泻，皮肤有红疹，以后出现肌肉痠痛，影响呼吸、吞咽，并引起高热。

血丝虫在我国寄生于人体的有班氏血丝虫和马来血丝虫两种。成虫寄生于人体淋巴系统内，使人患象皮腿症，幼虫在血液中由蚊子吮吸，经过一定的发育阶段，然后再传播给健康的人。

蛲虫多寄生在小孩的大肠内，雌虫夜间爬出肛门附近产卵，小孩觉痒，抓痒时，手指易沾染到虫卵，如未经洗手而取食食物，就有自染可能。

许多寄生线虫的生活史，总有一个阶段在土壤内经过，其中的一些种类很容易和植物发生寄生关系，如小麦线虫、甜菜线虫等。这些线虫分别寄生在植物的种子、茎、根中，并在那里产卵，都是农业上的害虫，能使作物枯萎。

线形动物中还有一类很小的动物叫轮虫，是浮游生物主要成分之一，也是鱼类的主要食料。轮虫还对污水的净化起着重要的作用。

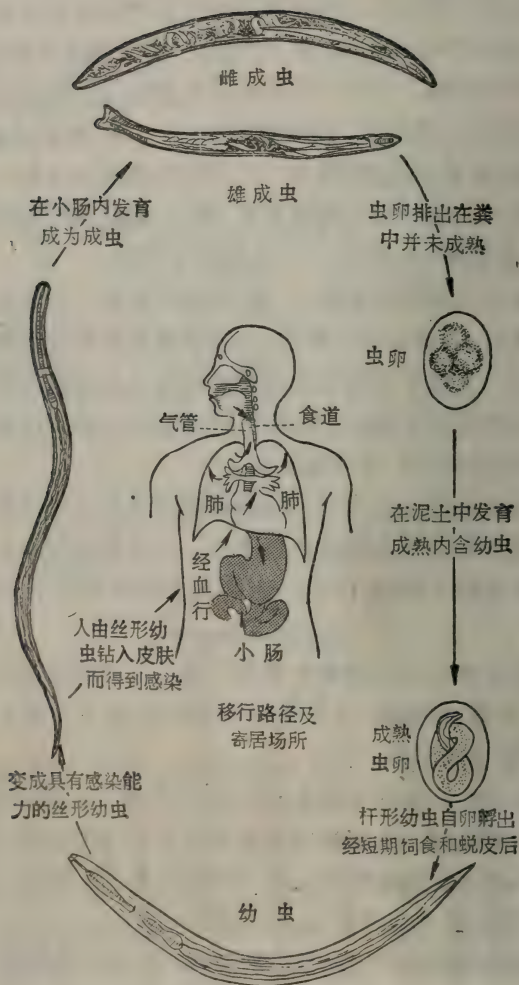


图 177 钩虫生活史

## 六、环节动物门

这门动物包括我们熟悉的蚯蚓、蚂蟥和其他生活于淡水、海水的许多种类。和前几门无脊椎动物比较,环节动物具有它的一些特征:身体分节,出现真体腔和闭管式血液循环系统,梯型神经发展为链状神经(图 178)。这些特征都表明环节动物比前几门无脊椎动物更进化。本门动物常见的又可分以下几纲。

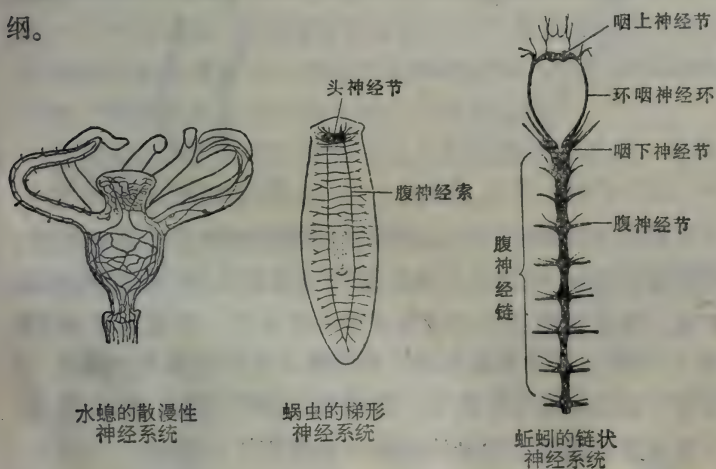


图 178 水螅、涡虫、蚯蚓神经系统比较

1. 多毛纲 身体延长,每一体节两侧有一对疣足,足上着生刚毛,如沙蚕(图 179)。多为海产,是鱼类的饲料。

2. 寡毛纲 身体延长呈圆柱形,刚毛少,无疣足,如蚯蚓(图180)。\*蚯蚓身体从前到后沿主轴分成许多相似的段落,重复排列,内部器官如排泄、神经、生殖等也是一节一节的重复。身体分节是生理分工的开始,比较高等的动物,分头、胸、腹、尾等部分,头部发达,便可控制身体其他部分,获得整体的统一性。



图 179 沙 蚕



图 180 蚯 蚓

不同于线形动物的原始体腔，蚯蚓的体腔是真正起源于中胚层的空腔，无论在体腔的肠壁或体壁上，都有肌肉层和体腔膜。体腔自前到后被隔膜分成许多小室，消化管壁有了肌肉，就可以盘转和自由蠕动，从而提高了消化能力。同时，正是由于消化管有了中胚层，就使肠的分化具备了物质基础。所以说真体腔的出现是比原始体腔前进了一大步。

动物机体的结构逐步复杂，当代谢过程需要的物质，不能单靠扩散来供给时，循环系统便起着极其重要的作用。蚯蚓的循环系统相当发达，在消化道的背面有背血管，腹面有腹血管，背腹血管又由每节一对的环血管相通连，第七、九、十二、十三四个体节的环血管特别粗壮，富有弹力，称为心脏，协助血流的输送。蚯蚓的血液始终在血管内流动，并有网状的微血管分布到组织内，构成了闭管式的循环系统。物质循环通过特别的管道来实现，非常明显，这只是标志着生命发展的一定阶段，而不是生命的标志。伟大导师恩格斯在《反杜林



论》的光辉著作中,揭露杜林所谓“物质循环从一个内在的点,……通过特别的管道来实现时,才能从比较狭窄和比较严格的意义上来谈真正的生命”,完全是荒谬的论点。恩格斯以丰富的科学事实批驳杜林时,精辟地指出:“如果物质循环通过特别的管道来实现是生命的标志,那末除去上面所讲的,我们还必须把全部高级的腔肠动物(最多把水母除外),因而把一切水螅和其他植虫从生物的队伍中勾销。如果认为物质循环从一个内在的点、通过特别的管道来进行是生命的基本标志,那末我们就必须宣布一切没有心脏的或有几个心脏的动物是死的。”彻底揭露了杜林在知识上的混乱。

链状神经系统的形成是进化上神经集中的表现。蚯蚓的中央神经系统由咽上神经节(又称脑)、环咽神经环、咽下神经节以及每体节一对的腹神经节和彼此联系的神经连接组成,从中央神经系统又发出许多神经到身体各部分去,称为周围神经。

蚯蚓能改良土壤的物理和化学性质,对农作物和林业生产有益。它们经常在土壤中钻洞,形成很多小孔,使外界气体得以深入土壤,有利于植物根的发育,微生物孳生,也使地面的水分和肥料深入土中,使植物得到养料和水分。土壤经过蚯蚓作用,泥中增加许多有效物质和有机酸,也增加了土壤的肥沃性。此外,蚯蚓又是家禽和鱼的好饲料。

3. 蛭纲 体较扁,前后有吸盘。体内消化管分出十数对盲囊,可以容纳大量的人畜血液。体节有定数,无疣足,也无刚毛,如蚂蟥(图 181)。



本纲还有一种医用蛭,早在几世纪前,就

图 181 蚂蟥

有人用它治疗病人身体上某一部分的瘀血或毒血。近代,还特别进行无菌饲养,用于外科手术。祖国医药有用蚂蟥做药内服,治疗瘀血、肿痛。这与蚂蟥咽部外围唾腺的蛭素能防止血液凝固有关。

## 七、软体动物门

这是动物界仅次于节肢动物的第二大门,我们常见的蜗牛、螺蛳、河蚌、蛤蜊、蛭、牡蛎、鲍鱼、乌贼等,都属于这一



图 182 腹足类的体制模型

门,其中最大的无脊椎动物——大王乌贼长达50米,体宽20米,有几吨重,常常同海洋里的鲸搏斗。软体动物的生活方式多种多样,分布遍及水陆各地,形态的变化也很大,身体通常柔软,没有分节,整个

身体可以分为头(也有无头的)、足、内脏块、外套膜、介壳(或骨骼)等五部分(图182)。

除一些无头的种类外,头部都很发达,且有构造复杂的感觉器官(如眼、触角),在头部后方身体腹面,有适应爬行生活的发达的肉质足。足部背面的隆起部分即为内脏块,身体内部的大部分器官即在内脏块内。内脏块背面两侧的皮肤向外起褶,伸张为膜状,有的悬垂于身体左右两侧,如河蚌;有的左右相连,包蔽整个身体,如蜗牛、乌贼,这就叫外套膜,它是一个保护装置。软体动物的介壳(或贝壳)都是由它的表皮分泌而成。外套膜间的空腔叫做外套腔,肛门、排泄孔和生殖孔通常都在这里开口。

软体动物有发达的心脏,分心室和心耳。心室富于肌肉,收缩力强,是血液循环的动力器官。血液从心室压出,先到动脉管,再流到身体各部的血腔内,然后再汇合流到若干静脉管,再流回心耳,进入心室。它的动脉管和静脉管并无直接连络,血液也不完全封闭在血管中,这种类型的循环系统,叫开管式循环系统。

软体动物已有专司呼吸的器官,水生的是鳃,陆生的是肺囊,都位在外套腔中。

按照体型、足、鳃等形状,常见的软体动物有如下几个纲。

1. 腹足纲 身体多呈螺旋形,它的贝壳也是螺旋形。足在身体腹面,头部显著,有眼和触角,如蜗牛(图 183)、螺蛳、田螺等。



图 183 蜗 牛

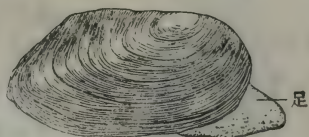


图 184 河 蚌

2. 瓣鳃纲 身体左右对称,两片介壳在背侧相绞联,腹面开合,足呈斧状,向前伸出,埋于泥沙中行动,无头部,有瓣状的鳃,如河蚌(图 184)、牡蛎、蛤蜊。

河蚌能产生珍珠,这是由于外界物质如砂粒或寄生虫,侵入外套腔中,被外套膜的分泌物包围,层层加大而逐渐成为珍珠。这类珍珠因核心中有砂粒或小虫,叫做有核珍珠。目前在人工育珠工作中利用切下的河蚌外套膜的表皮,移植到专门育珠的河蚌外套腔内,逐渐形成珍珠。这种珍珠内没有小虫或砂粒,叫做无核珍珠。河蚌壳的内层,有珍珠光泽,叫珍珠层,也是由外套膜分泌物所形成。珍珠除能制作装饰品外,也



能供药用。我国远在二千多年前的汉代,已经采捕珍珠;三国时代,珍珠已经在医药上应用;宋代时劳动人民又发明了养珠法;到明代又发展形成淡水珍珠的养殖。我国虽然人工养殖珍珠的历史最早,但解放前由于反动统治阶级的残酷压迫和剥削,以及帝国主义的侵略掠夺,祖国的珍珠养殖业遭到了严重破坏。解放后,在党和毛主席的领导下,广大贫下中农掀起了一个群众性的淡水养殖珍珠的科学实验活动,我国的淡水珍珠养殖事业得到了恢复和发展。



图 185 乌 贼

3. 头足纲 这一类软体动物与上面两类不同,活动力很强,甚至是凶残的肉食性动物。身体左右对称,头与足联合,转化为十分发达的头足,有发达的脑和完善的眼,如乌贼、章鱼。由于它们自由游泳的生活方式,原来作为保护用的贝壳,反而引起行动的不便,已不再需要,在长期的适应过程中,逐渐为外套膜所包围,最后退化成为一个角质或石灰质的骨板,如乌贼的海螵蛸(图 185)。

## 八、节肢动物门

这是动物界中最大的一门,海洋、淡水、陆地、土壤到处都有它们的分布,绝大部分的昆虫还能在空中飞翔。

节肢动物具有成对分节的附肢(足)。分节可以加强附肢活动的能力。节肢动物的身体也是由许多体节组成,但和环节动物不同,它们的体节都已分别愈合成不同的三个部分,即



头、胸和腹。头部主要管感觉和摄食，胸部管运动和支持，腹部集中许多内脏器官，管代谢、生殖(虾、蟹等除外)。在节肢动物的身体表面都被覆着由表皮分泌的角质膜，角质膜很坚硬，能保护内部柔软器官，并能限制体内水分的蒸发。但在足的有关节以及体节之间的部分仍是柔软的，所以身体和足仍能弯曲自如。由于角质膜的存在，节肢动物身体的生长也多少受到限制，在生长时要进行周期性地蜕皮，才能继续长大。蜕皮时，表皮分泌一种酶，使角质膜局部自溶破裂，个体钻出膜外，再重新分泌新的角质膜，在这个时期，个体就可以增大体积。

节肢动物的体腔是混合体腔，由初级原始体腔和次级体腔(真体腔)混合组成。混合体腔围绕内脏，内部充满血液，又名血腔。混合体腔充满血液的原因是由于循环系统和软体动物一样，也是开管式的。

水中生活的节肢动物，与软体动物一样，是用鳃呼吸的。陆生节肢动物则是用一种特殊的气管进行呼吸的。气管由体节两侧表皮内陷，形成成对排列而有分枝的管子。昆虫的气管最复杂，各体节成对的气管在体内联系，组成一个气管系统。蜘蛛和鳅的呼吸器官是由表皮特化的一些片页状物相叠而成，形状象书，叫做书肺。

常见的节肢动物一般分以下几纲。

1. 甲壳纲 如虾(图 186)、蟹(图 187)等，头部和胸部愈



图 186 对 虾



图 187 毛 蟹

合为头胸部，内脏和生殖器官大部集中在此处。背面有坚硬的头胸甲，头胸部和腹部都有附肢。蟹的腹部萎缩，埋藏在头胸部的下面(雌宽雄狭)，通常称为脐。

2. 蛛形纲 如蜘蛛(图 188)、蠍(图 189)等，头部和胸部亦愈合，有六对附肢，第一对叫螯角，在口的前面，第二对叫脚须，胸部四对为步足。蜘蛛腹部有 3~4 对纺锤突起，顶端开有许多小孔，内通各种成对的丝腺，分泌的液体由小孔出来遇空气即凝成细丝，蛛丝即由此细丝集合而成。蠍腹部最后一节有尾刺，内具毒腺。本纲还有一些体形很小的动物叫蜱螨，头、胸、腹部均愈合而不分节。蜱又称壁虱，俗名“狗豆子”，如黄豆大小，有硬蜱和软蜱之分。螨的体形微小，常不易发现，但如为害棉花作物的红蜘蛛，使人生疥疮的疥螨，却是大家比较熟悉的种类。实际上，蜱螨的许多种都能传播疾病，应当引起注意。



图 188 圆蜘蛛



图 189 蠍

3. 多足纲 如蜈蚣(图 190)、马陆(图 191)等，身体延长，全身分头及躯干两部分，头部有一对触角，躯干部分为许多节，每节上有分节的步行足。蜈蚣身体扁平，行动快速，肉食性，咬人剧痛。马陆身体呈圆筒状，行动缓慢，草食性。还有一种室内常见的蚰蜒，体形较小，足很长，行动敏捷，也属于这类动物。



图 190 蜈 蚣



图 191 马 陆

4. 昆虫纲 昆虫是动物界中最大的动物类群，分布广，与人的关系极为密切，有些种类有重要的经济价值。蜜蜂、桑蚕、紫胶虫和白蜡虫是大家熟知的资源昆虫。此外，有些甲虫如瓢虫、步行虫能捕食害虫，寄生蜂、寄生蝇寄生于害虫体内，起着天敌的作用。昆虫中也有许多害虫，它们为害农作物及其产品，以及林木的生产，也为害人类和家畜。四害（蚊、蝇、臭虫、老鼠）中的三害都属于昆虫。对资源昆虫及害虫的天敌应加以保护、繁殖和利用，对于害虫则应大力防治。

(1) 形态构造：昆虫成虫身体分头、胸、腹三部(图192)。

1) 头部：头部是感觉和取食的中心，外表是完整坚硬的整体，称为头壳，有眼、触角、口器等附属器官。触角和口器都是由头部附肢演变而来，分别成为感觉和取食的器官。昆虫的眼分为复眼和单眼，复眼一对，在头顶两侧，单眼三个，在复眼之间。

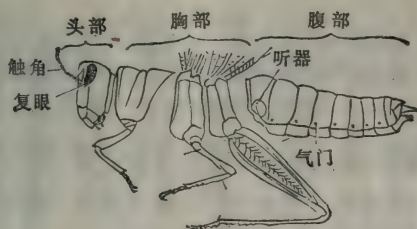


图 192 昆虫外形

触角是一对可以活动而分节的附肢,位于复眼之间,或在复眼前端,有嗅觉、味觉、触觉和听觉的功能。形状随种类不同,差异很大,就是同一种的雌虫或雄虫,也可以有很大的差异。因此,触角的形状成为分类和鉴别雌雄的重要依据之一。触角分三部分,基部较长的一节为柄节,第二节为梗节,梗节以上由若干小节组成的部分为鞭节。鞭节具有各种不同的形状,如线形、念珠形、棍棒形、锯齿形、栉齿形等(图 193)。

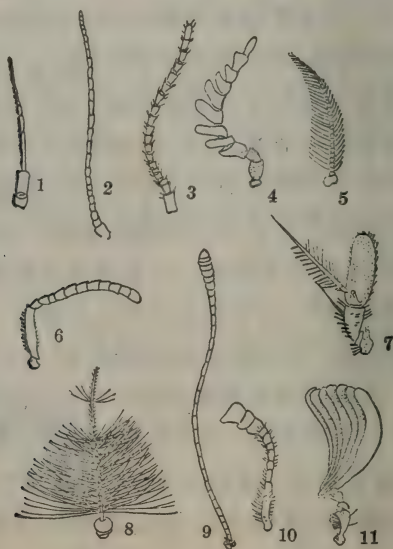


图 193 触 角

- |       |       |        |       |
|-------|-------|--------|-------|
| 1.刚毛形 | 2.线形  | 3.念珠形  | 4.锯齿形 |
| 5.栉齿形 | 6.膝形  | 7.具芒形  | 8.环毛形 |
| 9.棍棒形 | 10.锤形 | 11.鳃片形 |       |

昆虫口器的构造随食性和取食方式的不同而有多种变化,但基本上都是由一片上唇,一片下唇,一对上颚,一对下颚和一个舌所组成。重要的口器类型如下:



**咀嚼式口器：**这是昆虫口器的基本类型，见于蝗虫、蟑螂和甲虫等。这种口器适宜于取食固体食物，由上唇（一片）、上颚（一对）、下颚（一对）、舌（一片）和下唇（一对，但沿中央愈合在一起）组成。其中占主导地位的是上颚，它高度特化，不分节，坚硬有齿，适于咀嚼和撕咬。其他各部分起着辅助的作用，取食时管感觉和把持食物等（图 194）。

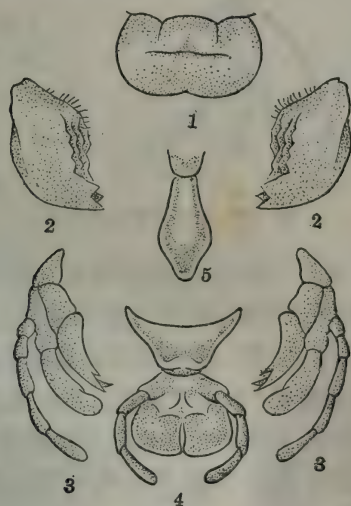


图 194 蝗虫的咀嚼式口器

1.上唇 2.上颚 3.下颚 4.下唇 5.舌

**刺吸式口器：**各部分特化为长针状，能切开并刺吸人和动物的皮肤和植物组织，适宜吸食液态食物。如蝉的口器，左右两下颚都有纵沟，合并时形成两条细管——唾道和食物道，昆虫通过唾道将唾液注入寄主体内，通过食物道吸食。蚊、蚜虫、叶蝉、飞虱等的口器属这一类（图 195）。

**其他口器形式：**有些双翅目昆虫（如家蝇）下唇的末端特

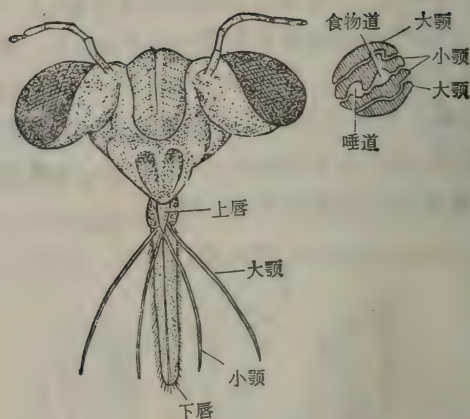


图 195 蝉象的刺吸式口器

化成“唇瓣”，上有起伏的沟道，形似气管，专司舐取食物，称为舐吸式口器。蛾蝶类昆虫，口器大部分退化，只留下颚的部分构造，变成细管状吸管，休止时可以螺旋卷起，应用时又可以伸直，伸入花朵深处，以吸取花蜜，称虹吸式口器。蜜蜂的口器既适宜于咀嚼，又能吮吸，它的上颚能咀嚼花粉，下颚和下唇形成吸管，适于吸取花蜜，称为嚼吸式口器。

昆虫因口器的不同，对被害物产生的影响也不一样。咀嚼式口器造成机械损伤，表现出植株咬断和各种缺刻、孔洞、蛀道等为害状。刺吸式口器则夺取营养物，可能传播动植物病的病原体，造成寄主生理危害，出现植株矮缩、生长衰弱、茎叶枯萎和变色等。具虹吸式口器的蝶蛾成虫也有部分能为害柑桔等果实。不同构造口器的害虫，可选择不同的农药进行防治。对于咀嚼式口器的害虫，应用敌百虫等胃毒剂喷洒作物叶面，使之吃了中毒而死，也常用接触剂。对刺吸式口器的害虫，因为他们的喙必须插入植物组织中，因此只能用接触剂，如六六

六、滴滴涕等和能为植物所吸收的内吸杀虫剂,才能有效。

2) 胸部: 胸部是昆虫的运动中心, 共分三节, 各节有足一对, 一共三对。足的构造包含基节、转节、腿节、胫节和由1~5小节组成的跗节。跗节的末端有爪二枚, 在跗节之下有爪垫(图196)。由于昆虫所处的环境不同, 生活方式不同, 机能的不同, 足的形态也就互异, 一般可分下列几种类型(图196):



图 196 足的类型

1. 步行足 2. 跳跃足 3. 捕捉足  
4. 开掘足 5. 游泳足 6. 携粉足

**步行足:** 是最基本的类型, 适于爬行, 如步行虫的足。

**跳跃足:** 大多由后足特化而成, 腿节特别发达, 适于跳跃, 如蝗虫的后足。

**游泳足:** 多扁平而呈划桨形, 适于游泳, 如龙虱的后足; 或特别延长, 胫节、跗节缀有长的缘毛, 如松藻虫的后足。

**捕捉足:** 腿节和胫节扩大, 并具钩齿, 适于挟捕其他动物, 如螳螂的前足。

**开掘足:** 短而壮, 宽大力, 适于掘土凿穴, 如蝼蛄的

前足。

携粉足：蜜蜂后足有三种特殊构造，即花粉筐、集粉器、花粉梳，适于携带花粉。

在中胸和后胸各有翅一对，是由皮肤皱褶形成，不是附肢。根据翅的质地，常见的有膜质(膜翅)、革质(革翅)及角质(鞘翅)三种。

大多数昆虫的成虫是有翅的，比较原始的种类就没有翅，也有因生活环境的关系，翅退化或完全消失。翅为一极薄而有两层构造的膜状物，为体壁向外延伸而成。在发育初期，与皮肤构造相同，然后随着虫体发育长大，上下两层紧密粘合，形成薄而扁平的翅。粘合时，有许多纵横孔道，气管、血液、神经即贯穿其中，这些气管或孔道形成翅脉。凡由翅的基角向外缘或后缘纵走的脉，叫做纵脉；横于纵脉之间的，叫做横脉。纵横脉在翅上分布的状态，形成脉系(图 197)。翅脉的分布有一定程序，不同的昆虫各有其特点，所以翅脉也是辨别昆虫种类的重要标志。

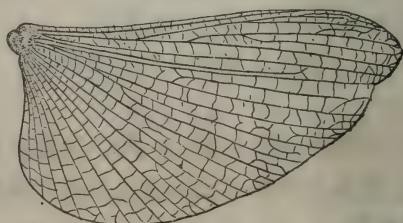


图 197 翅的构造

3) 腹部：昆虫的腹部是代谢和繁殖的中心，分节明显，在每一个体节背面部分较硬，为背板，腹面为腹板。两侧的膜质部分为侧膜，有较大的伸缩性，能协助背腹两板的运动。各体节之间有节间膜联系。昆虫腹部节数，因种类而有不同。



青蜂只有3节，蝇类有5~6节，蝗虫的腹部则由11节构成。昆虫腹部的末端有肛孔及外生殖器官，如蝗虫的雄虫第9腹节的腹板向上形成匙状的下生殖板，雌虫有三对产卵瓣，背腹两对极为发达。第11节上，常生一对尾须，有感觉作用(图198)。

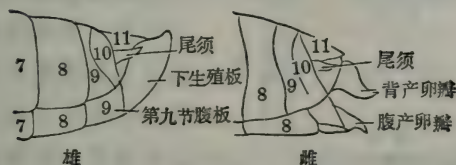


图 198 蝗虫腹部构造

昆虫腹部第1~8节，靠近侧膜处，各有一对气门，供呼吸之用。蝗虫第一腹节两侧，有一对大形鼓膜，管听觉。

昆虫有一个非常突出的特征，就是在它的一生中要经过一系列的形态生理等剧烈的变化，这种现象叫做变态。变态大体上有两种类型，一种叫不全变态(图199)，卵孵化为幼虫后，直接变为成虫，没有蛹期，幼虫除了无翅和生殖器官未成熟外，大致与成虫相似。如蝗虫、蝼蛄、蟋蟀等，它们的

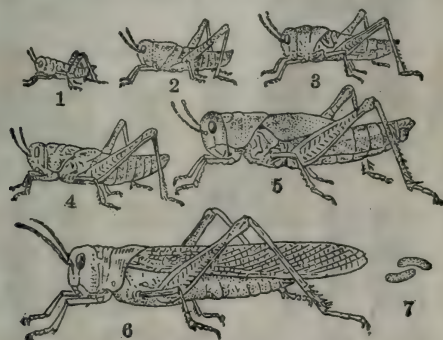


图 199 昆虫的不全变态(飞蝗)

幼虫又称若虫，而蜻蜓、蜉蝣等的幼虫是在水中生活的，外形和习性都和成虫不同，称为稚虫。另一种叫全变态(图 200)，

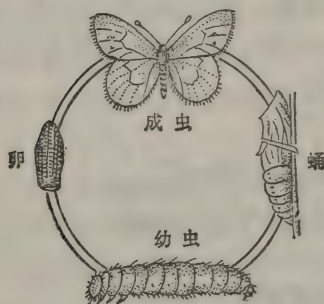


图 200 昆虫的全变态(菜粉蝶)

一生要经过卵、幼虫、蛹、成虫四个发育阶段。幼虫经过几次蜕皮，变为蛹，蛹再经一定时期，羽化为成虫。幼虫和成虫不但在形态生理上不同，所处的环境和生活习性也不相同。例如常见的菜粉蝶，白色，善飞，但它的幼虫都是全身长满细毛的青虫，

与菜粉蝶完全不相同。此外，如蛾、蜂、蚊、蝇以及甲虫等也都属于全变态。

昆虫幼虫的形态大致可分为四类(图 201)：

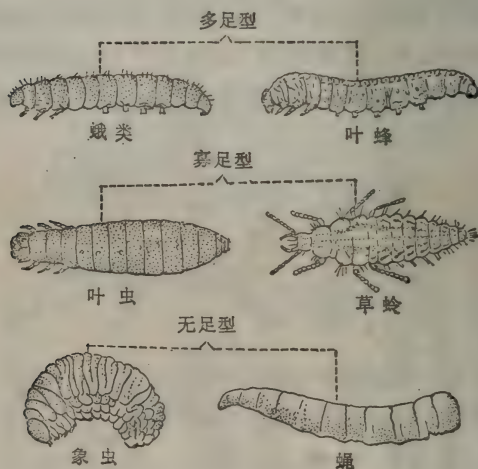


图 201 全变态昆虫的幼虫

**多足型：**虫体较细长，胸部有 3 对胸足，腹部还有腹足，如蛾、蝶的幼虫（桑蚕、稻螟虫、毛虫等）。

**寡足型：**虫体一般较短，有 3 对胸足，无腹足，如瓢虫、金龟子等的幼虫。

**无足型：**无胸足和腹足，虫体白色，如蜜蜂幼虫，蝇的幼虫（蛆）等。

**若虫型：**不全变态昆虫的幼虫都属于这一类，如蝗虫、蟋蟀、螳螂等。

大多数有害昆虫都是在幼虫期为害农作物，在进行防治工作时，必须重视这一环节。因此，识别昆虫的幼虫及其生活习性，具有重要的意义。

(2) 分类：昆虫纲根据翅的有无、变态类型、口器的构造等，又分为无翅和有翅两个亚纲（图 202）。

1) 无翅亚纲：无翅也无变态的小型原始昆虫，从卵孵出的幼虫已与成虫相似，只是体型较小，常见的有两目：

**弹尾目：**小型昆虫，有咀嚼式口器，腹部只有 6 节，在第 4 节上有一分叉的跳器，如跳虫。

**缨尾目：**小型昆虫，有咀嚼式口器，触角细长，腹部发达，有 11 节，末端具 2~3 条尾须，如蛀食衣物、纸张的衣鱼。

2) 有翅亚纲：通常有翅。不全变态或全变态。大多数昆虫均属此亚纲，可按照变态类型，分为下列两大类。

① 不全变态：常见的有以下 12 目：

**蜉蝣目：**口器退化，前后两翅不等，后翅极小，休止时直立于体背面，稚虫水生，成虫陆生，寿命很短，如蜉蝣。

**蜻蜓目：**咀嚼式口器，触角短小，复眼大，翅两对，膜质多脉，前翅前缘端部有一翅痣，腹部细长，如蜻蜓，稚虫水栖。

**蜚蠊目：**体背腹扁平，咀嚼式口器，翅两对，前翅革质，后

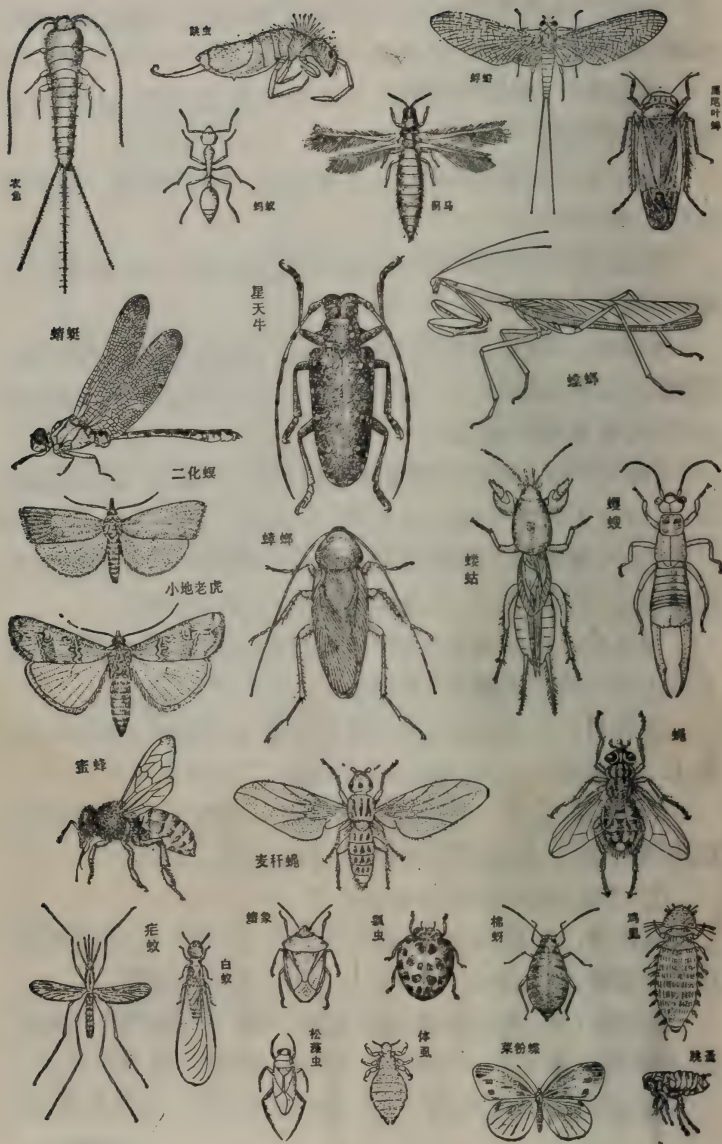


图 202 昆虫纲主要动物



翅膜质，静止时翅平叠于腹上，足适于疾走，卵产于卵袋中，为夜出性昆虫，如蜚蠊(又名蟑螂)、地鳖虫。

螳螂目：体细长，咀嚼式口器，前胸很长，翅两对，前翅革质，后翅膜质，静止时平叠于腹上，前足适于捕捉，卵产于卵袋中，卵袋常附贴于植物枝上，为白昼活动的益虫，如螳螂。

等翅目：体色乳白，咀嚼式口器，翅膜质，很长，常超过腹端，前后翅的大小形状均相等，故名等翅，群体生活于共同的巢穴内，蛀食木材，是房屋、桥梁的大害，如白蚁。

直翅目：咀嚼式口器，翅两对，前翅革质，狭长，后翅膜质，宽而薄，静止时后翅褶皱叠前翅下，后足适于跳跃，具发音器和听器。本目多为农作物害虫，如蝗虫、蟋蟀、蝼蛄等。

革翅目：体中型，咀嚼式口器，前翅极为截短，体壁坚硬，尾须变为钳状，如蠹虫。

半翅目：刺吸式口器，常有两对翅，前翅基部革质，末端膜质，故称半翅。属于本目的各种蝽象，大都是农作物的重要害虫，此外还有臭虫、田鳖等。

同翅目：刺吸式口器，翅两对或无翅，具翅者前翅革质或膜质，同一翅的质地是一致的，静止时成屋脊状摺在身体两旁，如叶蝉、蚜虫、介壳虫等，也都是为害农作物的害虫。

食毛目：小型昆虫，咀嚼式口器，前胸显著，中后胸愈合，无翅，专食鸟兽的羽毛，为家畜、家禽的体外寄生虫，如羽虱。

虱目：体小而扁平，刺吸式口器，眼缺或退化，胸部各节愈合不分，吸食血液并传播疾病。为人畜的体外寄生虫，如体虱。

缨翅目：体微小而细长，触角短，翅窄，缀有长缨，无尾须，口器针状，适于刺刮，为刮吸式口器，如蓟马。

② 全变态：常见的有以下5目：

**鞘翅目：**咀嚼式口器，翅两对，前翅革质，坚硬而厚，无翅脉，适于保护，后翅大，膜质，用于飞翔，静止时摺叠于鞘翅下。本目昆虫多数是农作物的害虫，如天牛、象鼻虫等。有些昆虫如叩头虫、金龟子等的幼虫，在土中啃食植物的根，为害也很大，但也有少数是有益的，如某些瓢虫。

**鳞翅目：**虹吸式口器，适于吮吸花蜜、果汁等，翅两对，翅及身体均被鳞片，如蝶、蛾。幼虫具有咀嚼式口器，食植物性食物，多为农作物的害虫，如稻螟、棉红铃虫、大、小地老虎等。

**双翅目：**刺吸式或舐吸式口器，具前翅一对，膜质而透明，后翅特化为杆状附属物——平衡棍，如蚊、蝇等。它们的幼虫均无足，蚊的幼虫叫孑孓，水栖；蝇的幼虫即为蛆。本目许多种类是重要的医学昆虫。

**蚤目：**刺吸式口器，体小侧扁，无翅，善跳跃。为人体及动物体的体外寄生虫，常传播疾病，如跳蚤。

**膜翅目：**嚼吸式口器，膜质翅两对，后翅小，雌虫腹部末端有刺，如蜜蜂、蚂蚁。

## 九、棘皮动物门

全部都是海产动物，形状多样，有星形、球形、圆柱形等。过去曾因它们体形辐射对称，被认为在进化上与腔肠动物相似，后来发现它的幼虫却是左右对称的，和原始脊索动物的幼虫很近似，而且它们都是后口动物\*，口的发生与位置也与脊索

---

\* 后口动物：三胚层的动物可以依照它们口的发生与位置，划分为两大类群：原口动物和后口动物。原口动物的口位于原口（原肠胚的原口）或其前端部分，包括扁形动物、线形动物、环节动物、软体动物和节肢动物。后口动物开口的位置和原口无关，而是在与原口相反的另一端（成长后是前端，在棘皮动物是口面），由外胚层内陷而成，原口以后闭塞，在其附近的外胚层内隔开口成为肛门，包括棘皮动物和脊索动物。

动物相似,才知它在动物系统发生中地位很高,与脊索动物接近,而这种辐射对称的体形则是在长期进化过程中,逐渐演变而来的。它们身体外表有许多棘状突起,所以叫做棘皮动物。

棘皮动物的辐射对称基本上是四射形的。射出的分枝叫做腕,中央相连的部分称为中央盘,有口的一面叫口面,没有口的一面叫反口面。有些种类,腕向上翻,在反口面中央并连在一起,而呈扁球形或圆柱形,如海胆(图203)、海星(图204)。

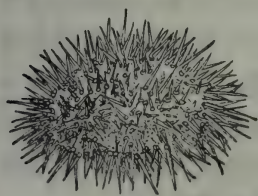


图 203 海 胆

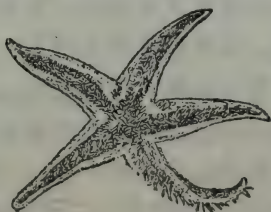


图 204 海 星

棘皮动物有的是肉食的,有的是素食的。海星是肉食的,它的消化管成囊状,没有肛门,如有肛门也不起作用,不能消化的东西仍从口里吐出。海胆、海参是素食的,它们的消化管呈管状,有口、肛门,靠纤毛的运动或辅助器官(如触手等)取食微小的生物、海藻或含有有机物的泥土,这种消化管很长,有时为动物体长的数倍。

海参可供食用,尤其以刺参(图205)为重要。据分析,刺参含有大量蛋白质、少量的脂肪和碳水化合物,并有少量的硫和磷,是一种有名的滋养品,我国已有刺参的专门养殖场。



图 205 刺 参



以上的各门动物都是没有脊椎骨的，所以统称为无脊椎动物。

## 十、脊索动物门

脊索动物是动物界中最高等的一门动物，鱼、蛙、蛇、鸟、兽以及文昌鱼等都属于这个类群，种类繁多，而且在构造和生活方式上都有很大的差异，但是它们具有三个主要的共同特征：①消化管背面有一根柱形结构的脊索，具有支持身体的功能。②消化管背面还有一根中空的神经管。③消化管前部两侧有一系列对称的裂孔，即鳃裂。脊索在不同种类又有差别，有的终身保持，有的又被脊椎骨所代替。根据这个不同点，脊索动物又分为两个亚门：终身保持脊索的，叫原索动物亚门；脊索被脊椎骨所代替的，叫脊椎动物亚门。

### （一）原索动物亚门

原索动物均在海中生活，最典型的代表是文昌鱼（图206）。这是一种半透明的小型动物，长一寸余，身体侧扁，前后两端尖形，脊索从尾部起一直延伸到头部前端。脊索背面有神经管，但还没有明显地分化为脑和脊髓，咽部两侧有许多成对的鳃裂。由于具有脊索和分节的肌肉，所以能迅速穿越沙土。当它埋入沙土时，仅仅露出头部，水从口部流入，再经鳃裂流出体外，在水流经过鳃裂时，进行气体交换，同时从水流中摄取浮游生物及微细的有机物为食。它的形状象鱼，但缺少成对的鳍和上下颌。恩格斯说：“文昌鱼却被发现是一种具



图 206 文 昌 鱼



有未分化的中央神经索并且没有脊椎骨的脊椎动物”，正确指出了它在低等脊索动物进化到脊椎动物中的地位。脊椎动物就是从这类原索动物演化而来的。

文昌鱼在我国青岛、厦门沿海均有分布，可供食用。

此外如柱头虫、海鞘等，也是原索动物。

## (二) 脊椎动物亚门

脊椎动物无论在形态构造上或在生物学上，都比原索动物复杂和完善。脊索部分或全部为脊椎骨所代替，中央神经系统已分化出明显的脑和较完善的感觉器官，骨骼系统产生了保护脑和感觉器官的头颅，并出现了作为运动器官的附肢骨骼，大多数种类的口具有上颌和下颌。生命活动的提高，机能的强化，表现在心脏的出现。而由于心脏的出现，又加强了动物体的新陈代谢能力。原索动物的营养方式与生殖方式都比较被动，活动范围也比较狭小；脊椎动物在这些方面都比原索动物主动，活动范围也就广阔得多。

脊椎动物亚门又可分圆口纲、鱼纲、两栖纲、爬行纲、鸟纲和哺乳纲。

1. 圆口纲 这是脊椎动物中最低等的一个类群，体形和鱼相近，但没有上颌和下颌，口开在圆形的口漏斗中央，也没有成对的鳍，生活在淡水和海洋中，营半寄生和寄生生活，以口漏斗吸附在一般鱼类的身体上，以具有角质齿的舌在鱼体上钻洞，吸吮血液和柔软组织，我国东北的七鳃鳗(图 207)和福州沿海的盲鳗都属于圆口纲。

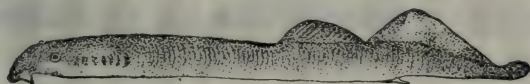


图 207 七 鳃 鳗

## 2. 鱼纲

(1) 一般特征：鱼，不论从种类或数量来说，都是脊椎动物中最大的一纲。它的整个身体形状一般是中段大，头和尾稍尖，好象纺锤。这种体形适宜于在水中自由游泳。背部颜色深黑，腹部灰白，这也是对水中生活的适应，因为从上面看下去，它和水底颜色相似，从下面看起来，它又和上层水色甚至和天空颜色相似，就不易被敌害发现。

鱼类的皮肤由表皮和真皮构成，表皮内有许多粘液腺，可以分泌粘液。由真皮形成的外骨骼有鳍条和鳞片。鳞片终生不更替，上面有生长环，这是由于季节的不同而形成的，春夏两季，食物丰富，生长快，这个时期生成的环宽而厚；晚秋、冬季，食物稀少，生长慢，这个时期生长的环狭而薄。因此，每年都有环纹较宽和较狭的两部分，呈现出鳞片上的生长环（图 208）。生长环数是每年增加的，根据环的数目，可以推断鱼的年龄，而且根据夏环的相对宽度，还可以推断每年的营养状况。

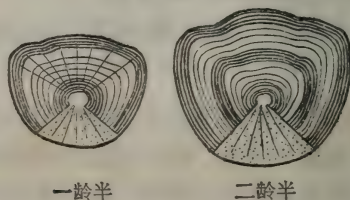


图 208 生长环

适应水中生活，鱼的呼吸是由鳃进行的。在头部两侧，分别有两块很大的鳃盖，鳃盖里面的空腔叫鳃腔，掀起鳃盖，就可以看见在咽喉两侧各有四个鳃，每个鳃又分成两排鳃片，每排鳃片由许多鳃丝排列组成，每根鳃丝的两侧又生出许多细小的鳃小片（图 209）。在水中时，每个鳃片、鳃丝、鳃小片完全

张开,使鳃和水的接触面扩大,增加摄取水中所溶解的氧的机会。在鳃小片中都有微血管,这里的表皮很薄,当血液流过时就和外面的水交换气体,将带来的二氧化碳透过薄壁,送到水中,同时吸取水中的氧,随血液循环输送到身体各部去。由于口部和鳃盖骨的交替开闭,不断使水由口进入口腔,经咽压到鳃腔,与鳃丝接触,然后由鳃孔排出外面,鱼类的呼吸就是这样进行的。淡水鱼的鳃还有排泄体内代谢产物——氨的功能。

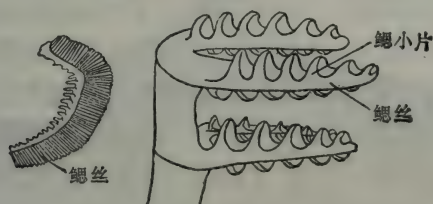


图 209 鳃 外 形

鱼的消化系统包括口腔、咽、食道、胃、肠和肛门等部分。大多数种类有齿(也有无齿的),舌不发达,咽部有五对内鳃裂与鳃腔相通。有的种类如鲤,在最后一对鳃弓骨上,生有三列咽喉齿,齿面和臼齿相似,是用来把食物切断或压碎的。在食道、胃、肠的附近有肝脏,肝脏很分散。胃的前端有一个胆囊,囊上有胆管和肠相通。鳔就位在消化管的背面。

从外形看,鱼类还有一种特殊的构造,就是鳍(图210)。可能有人以为,鱼在水中游泳,轻便迅速,上下自如,是靠鳍的运动。其实,鱼的游泳的动力,最主要的还是由于身体两侧肌肉左右交替收缩,使身体左右弯曲,对周围的水施以压力,得到水的反作用,再加上尾柄肌肉的收缩使尾柄左右摆动而产生的。鳍的主要作用是保持身体的平衡,同时控制运动的方向。鳍可分为背鳍、胸鳍、腹鳍、臀鳍和尾鳍。其中胸鳍和腹鳍各有



两个,分别对称地着生于身体两侧,故又叫偶鳍。背鳍、臀鳍和尾鳍都是单个,不对称,又叫奇鳍。尾鳍的作用最大,既能保持身体稳定,又能控制前进的方向;背鳍和臀鳍主要是保持身体稳定,如将鱼的背鳍剪去,鱼体就会因为失去平衡而翻肚;胸鳍的作用主要是转换方向,在少数鱼类如鳐,也可以帮助身体前进;腹鳍的作用较小,只是帮助背鳍和臀鳍保持身体的平衡。

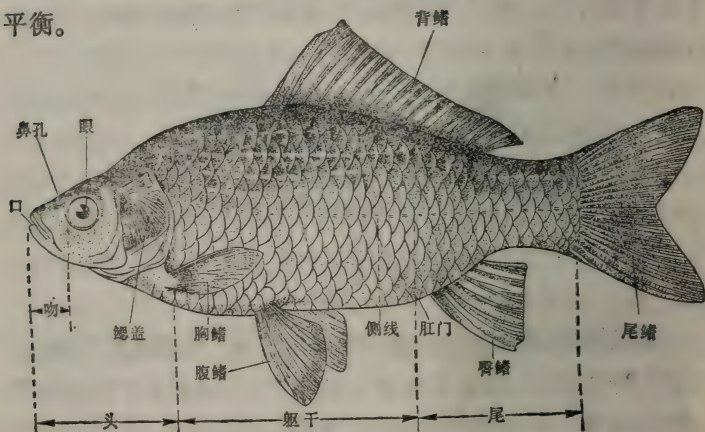


图 210 鱼的外形

鱼在水中游泳时,我们还常常看见它在水中的一定位置,既不浮在水面,也不沉到水底,这完全是靠鱼体内另一种特殊的器官——鳔的作用。鳔是一个长形的囊,位在体腔背面,里面充满气体,鳔和食道之间,有些种类有鳔管相通。鳔能自动调节它里面的气体含量,改变身体的比重,使鱼体在不同深浅的水层中达到平衡状态。

鱼是用鳃呼吸的,它的循环系统也有相应的变化,心脏由一个心耳、一个心室和一个静脉窦构成。心室的出口处即腹大动脉的起始处是一个肌肉发达的动脉球,从此向前延续为



腹大动脉，再向左右发出四对入鳃动脉，最后分枝为微血管，在鳃小片进行气体交换。出鳃后的血管为四对出鳃动脉，又汇合成一对背大动脉，再分枝分发到身体各部。身体各部的静脉血经向心的静脉，到静脉窦，再到心耳、心室，这种循环叫做单循环，经过心脏的血液永远是静脉血。

鱼类终生在水中生活，它们的排泄也有特点。鱼鳃的表皮有半透性，淡水鱼的血液和体液的浓度比水高，由于渗透作用，水就不断从体外渗透到体内，鱼类排泄系统的特点就是它能调节体内水分，使保持恒定。排泄系统包括肾脏一对，分前后两部分，前部位于鳔的两侧，后部内侧各有一根输尿管，通到膀胱，再经尿道到泄殖孔，通到体外。鱼类的肾脏能不断排出浓度极低、近于清水的尿液，这样，体内水份就能保持恒定。海水硬骨鱼恰恰相反，海水的浓度比鱼体内血液和体液浓度高，体内水分就不断渗透到体外去，鱼必须大量饮进海水，取得补充，体内的盐分也就随之增高，而鱼的肾脏不能排出浓度高于体液的尿液（哺乳类和鸟类是可以的），海水鱼是由鳃片中的一种特殊的“氯化物分泌细胞”来排除体内过多的盐分，以保持体液的正常浓度。至于海水里的软骨鱼如鲨鱼等，虽然生活在海水里，因为它们血液里含有很多尿素，使血液的渗透压高于海水，体外的水份就不断渗透到体内，所以鲨鱼象淡水鱼一样，要靠肾脏来排出体内多余的水分。

鱼的脑在脊椎动物中是最原始的，虽然脑已分化为大脑、间脑、中脑、小脑、延脑等五部分，但大脑很小，顶部和侧部没有神经细胞，而是上皮组织，且各部分都着生在一个平面上，所有这些都显示它的原始性。鱼类的感觉器官与它的水中生活也有关系。水的透光度比空气差得多，鱼在水中就不可能看得很远。它的眼睛的水晶体是圆球形，也没有弹性，不能调

节表面曲度,而是靠水晶体后面一条有肌肉组织的带状结构,调节水晶体和视网膜之间的距离,来看远或近的东西(图211)。鱼从外形上看不见耳朵,鱼的耳朵是藏在头部两侧的骨头里,它没有外耳(即耳壳)、中耳和耳蜗,只有内耳部分。鱼的内耳和高等脊椎动物一样,也有收听声音和平衡身体两种功能。但是鱼耳的听觉范围很小,一般只能感受每秒340~690次振动的音波。象鲤鱼、鲫鱼等,它们的鳔和内耳之间有四块小骨,叫鳔骨,能感觉到高频率的音波,所以这一类鱼在水域中就比较机警。另外,鱼类还有一种特殊的感觉器官,叫侧线,从外形上也可以看到。这就是在鱼体两侧各有一条由小孔排成的线条,小孔分布在一些鳞片上,小孔下面都相连通,形成长管,管中充满粘液,外界的刺激经过鳞片上的小孔而传达到长管中的感觉细胞。鱼类可以靠侧线感觉到每秒6次到数十次的低频率的振动。

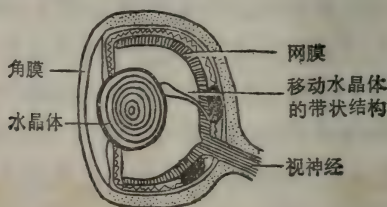


图 211 鱼眼球结构

鱼类大多数是卵生的,它们的生殖季节,各个种类不同,淡水鱼一般是在春、夏两季。除少数种类外全都是雌雄异体。雌性有一对卵巢,在鱼鳔腹面两侧,形状细长,淡黄颜色,到生殖时期,体积增大,几乎充满体腔的空隙。卵巢后部延长为短的输卵管,通到泄殖窦。雄性有一对精巢,通常叫鱼白,位于腹腔两侧,体积比卵巢小,乳白色,后面也有一个短管通

到泄殖窦。生殖季节时，雌鱼产出大量成熟的卵，雄鱼也排出精液，卵和精子在水中互相结合，完成受精作用，再经过一定时间的胚胎发育，最后孵出幼鱼。这种将生殖细胞(即卵和精子)排到体外受精的方式叫体外受精。也有些种类是体内受精的，如鲨鱼等软骨鱼，卵在雌鱼体内受精，并在雌鱼体内发育为小鱼，然后才产出体外，这样生出的方式叫卵胎生。各种鱼类，在产卵的时期都需要一定的产卵的条件，如我国有名的四大家鱼(青鱼、草鱼、鲢鱼、鳙鱼)。尽管在各地的池塘里都有生长，但雌鱼在这些生长的池塘中却不产卵，只有生活在长江等水域的这类鱼才会产卵。因此，渔民们为了要养殖这几种家鱼，每年都要到长江中游一带去捕捞鱼苗，运回本地放养。由于鱼苗产量不稳定，从江里采到的鱼苗中混有野鱼苗，它们会大量吞食家鱼苗，而且在运输中鱼苗死亡率也很高，渔民们迫切希望能解决家鱼的人工繁殖问题，迅速发展渔业生产。1958年，我国社会主义革命和建设在毛主席革命路线指引下，各条战线都取得了伟大胜利，家鱼的人工繁殖工作也获得了很大的成果。广大渔业工人、干部和科学工作者成功地应用外界条件和内部催情相结合的方法，促使鲢、鳙在池塘里产卵；1961年，又进一步使草鱼、青鱼的人工繁殖获得成功。这是我国鱼类养殖事业上的重大进展。

有些海洋鱼类因季节的变化，索饵、生殖等原因，要周期性的结群进行长距离的定向迁移游动，叫做洄游。如小黄鱼中称为北洋黄鱼的一群在长江口外的黄海越冬，每年3月水温上升，就开始向北移动，在山东成山角以南形成大群，4月转向渤海，在渤海和黄海北部等沿岸河口附近产卵繁殖，产卵后即在生产场附近饵料丰富的区域索饵，10月开始，索饵鱼群便陆续向原越冬场洄游。在洄游过程中，鱼群密集活动的



地方,就是捕鱼最好的场所,称为渔场。研究鱼类的生活习性,掌握它们洄游的路线,便可知道各个时期渔场的地点和范围,这在发展海洋捕捞事业上是具有很大意义的。

生殖洄游不仅限于海洋,有些鱼类的生殖洄游还可以从海水到淡水或从淡水到海水。我国著名的鲥鱼,生活在海中,而在生殖季节却要进到长江、西江、钱塘江等淡水中来产卵,幼鱼孵出后,又顺流而下,到海水里生长发育,故又叫溯河洄游。东北的大麻哈鱼更是溯河洄游的突出例子,它们在逆水上游时,遇到象瀑布那样的障碍时,会奋力跃出水面,越过障碍。而且它们的“回归性”特别强,世代代都是从海洋回到它原来出身的淡水里,不会错误。鳊鱼却相反,它们是在淡水里生活,生殖时要进入深海产卵,故又叫降河洄游,它们的洄游路线很长,可达四、五千公里。

我国是世界养鱼最早的国家,早在三千多年前的古代,劳动人民已经注意到保护河川中天然产的鱼卵和幼鱼,并开始饲养。以后,在长期的生产实践中,创造、积累了极为丰富的养殖经验,四大家鱼的混合饲养,就是非常理想的饲养方法。青鱼是在水的下层和中层游动,喜食水底的螺蛳、蚬子等无脊椎动物;草鱼比较活泼,以水草为主要饵料;鲢鱼喜吃水中的浮游植物如矽藻、绿藻,在水的上层游动;鳙鱼则以水中的浮游动物如轮虫、水蚤等为食,游动在水的中上层。它们的食料各不相同,活动地区也不大一样,这样,在同一水体里,就能饲养更多的鱼,充分利用这一水体的各种条件,而且投给青鱼、草鱼的食饵和鱼类的粪便,也可使水中产生相当数量的浮游生物,足够使一定数目的鲢和鳙得到充分的食饵。

(2) 分类: 现代鱼类分为软骨鱼和硬骨鱼两大类。

软骨鱼类: 骨骼均为软骨。分为两个亚纲:



1) 板鳃亚纲: 鳃裂 5~7 对, 均裸露, 鳃裂与鳃裂之间为宽大的鳃隔, 呈板状。尾鳍上下叶不对称, 上叶大, 下叶小, 雄性在腹鳍处有交接器, 多数是卵胎生, 少数是卵生。鲨鱼和鳐, 均属板鳃亚纲。

鲨鱼(图 212)身体梭状, 鳃裂在头后两侧, 性凶猛, 游动迅速。种类很多, 市上出售的鱼翅, 就是大青鲨等几种鲨鱼的鳍。鲸鲨是世界上最大的一种鱼, 体长可达 20 米。有些鲨鱼的肝含油量很高, 可制鱼肝油。



图 212 白斑星鲨

鳐的身体背腹扁平, 鳃裂在头的腹面, 偶鳍宽阔, 胸鳍与头部愈合成体盘, 一般在海底生活。如团扇鳐(图 213)、孔鳐、赤魮等, 赤魮尾部细长, 上有刺, 具毒腺, 能伤人。

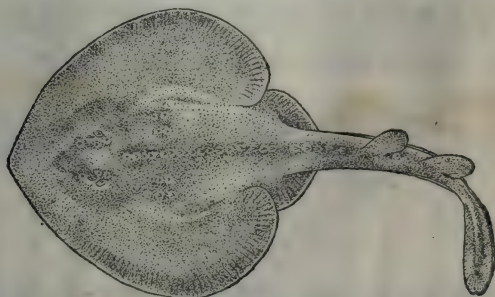


图 213 团扇鳐

2) 全头亚纲: 种数不多, 有四对鳃裂, 外有一皮肤形成的鳃盖褶掩盖, 皮肤光滑, 无鳞, 侧线明显, 为一敞开的沟槽。

如我国沿海所产的银鲛(图 214), 头大吻钝, 胸鳍特大, 尾细长, 末端呈鞭状, 它的鳍可作鱼翅。



图 214 银 鲛

软骨鱼都生活在海里。

硬骨鱼类: 骨骼的一部或全部为硬骨, 主要分为四个亚纲: 肺鱼亚纲, 总鳍鱼亚纲, 软骨硬鳞鱼亚纲, 辐鳍鱼亚纲。

1) 肺鱼亚纲: 是硬骨鱼中很原始的一类。骨骼大部分保持软骨, 只头骨的一部分已为硬骨。在消化管的腹面有一对或单个的鳔, 有鳔管与食道前端相通。鳔内有許多泡状囊, 上有丰富的血管分布。除外鼻孔外, 另有一对内鼻孔通于咽。每当夏季天气干旱, 水体行将干涸, 或因水草腐败, 水中含氧不足, 不能用鳃呼吸时, 即以鳔进行呼吸, 它的鳔, 已能行使肺的功能。现代生存的肺鱼(图 215), 分布在澳洲、南美洲和非洲。

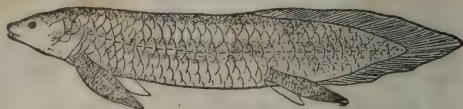


图 215 肺 鱼

2) 总鳍鱼亚纲: 这一类鱼是陆生四足动物的祖先。它的偶鳍有肌肉很发达的基部, 鳍内具有分节的骨骼, 可以支撑身体。鳔也和肺鱼的鳔一样, 能进行呼吸。这一类鱼在古生代和中生代很多, 很久以来, 大家都认为已经是绝种的亚纲,

1938年在非洲东南岸捕获到一条,命名为矛尾鱼(图 216),被称为活化石,以后在南非海岸又有捕获。

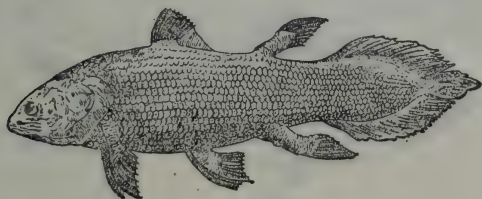


图 216 矛 尾 鱼

3) 软骨硬鳞鱼亚纲: 这类鱼名为软骨硬鳞,但一部分骨骼已经是硬骨,鳞片为硬鳞,通常沿身体排成五行,尾部也有硬鳞,是比较原始的鱼类。我国东北和长江都有,共二类,一类叫鲟鱼(图 217),另一类叫鳊鱼。长江还有一种白鲟(图 218),吻特长如象鼻,是我国的特产。

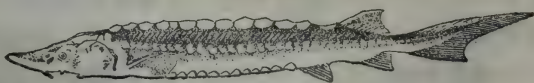


图 217 鲟 鱼



图 218 白 鲟

4) 辐鳍鱼亚纲: 我国日常所见的鱼类,均属此亚纲,它们的骨骼差不多全是硬骨,主要包括以下9个目。

鲱形目: 是最原始的种类,均为海洋鱼,有些种类具洄游性,生殖期要到淡水河流中繁殖。鳍具软条,腹鳍着生于腹部

(腹位),具鳔管。这一目的种类很多,产量也大,很多是经济价值较高的鱼类,如鲢鱼、鳙鱼、大麻哈鱼、鲟鱼(图 219)、凤尾鱼(图 220)等。

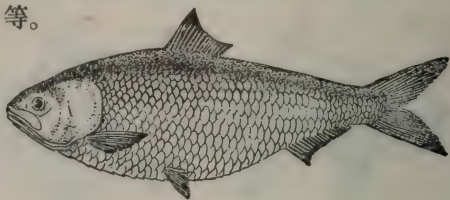


图 219 鲟 鱼



图 220 凤 尾 鱼

鲤形目:也是比较低级的种类,和鲱形目较相近。鳔与食道有鳔管相通,但与内耳之间又有鳔骨相连。鳍通常是以柔软分歧的鳍条支持,有时也有硬刺,硬刺数目不超过三个,只有一个背鳍,腹鳍腹位。绝大多数是淡水鱼,生活在内陆河湖水域。许多种类有食用经济价值,如我国有名的青(图221)、草(图 222)、鲢(图 223)、鳙(图 224)四大家鱼,都属鲤形目。此外,还有鲤鱼(图 225)、鲫鱼、鳊鱼(图 226)、鲃鱼、团头鲂等。

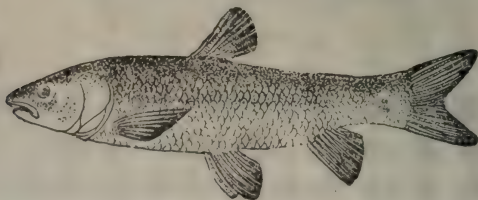


图 221 青 鱼





图 222 草 鱼



图 223 链 鱼



图 224 鲮 鱼



图 225 鲤 鱼



图 226 鳊 鱼

鳗鲡目：身体细长，象蛇，无腹鳍，臀、尾、背鳍连成一片。为海洋鱼类，有几种具降河洄游习性，如鳗鲡(图 227)。



图 227 鳗 鲡

鲳形目：海产鱼，鳔无鳔管，鳍无硬刺。腹鳍着生在喉部，常见种类下颌有须一条，背鳍三个，臀鳍二个，容易辨认。这一目中的鲳鱼(图 228)，也是有名的经济鱼类，肉肥美，肝脏含大量脂肪，可制鱼肝油。



图 228 鲳 鱼

鲈形目：这一目鱼的种类很多，大多数是海洋鱼。鳔亦无鳔管，背鳍单个或分成前后两个，前面部分具硬刺，后面部分为软的鳍条。多数种类具有很高的经济价值，如小黄鱼(图 229)、大黄鱼(图 230)、带鱼(图 231)、鲳鱼、鳕鱼(图 232)等。



图 229 小 黄 鱼

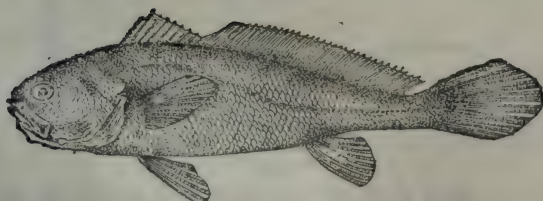


图 230 大 黄 鱼



图 231 带 鱼

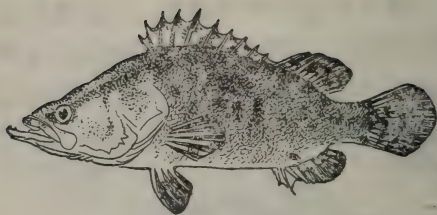


图 232 鰺 鱼

合鳃目：身体细长，形如蛇，无鳞片，左右两鳃孔在头的腹面合成一个半圆形孔，无胸鳍及腹鳍，背鳍、臀鳍呈皮褶状，如黄鳝(图 233)。

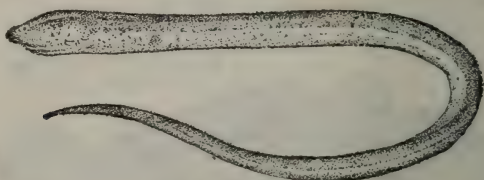


图 233 黄 鳝

鲽形目：身体极扁，成鱼两眼着生在头的一边，通常叫比目鱼(图 234)。经常侧身栖息于海底，着生两眼的一侧向上，有颜色；另一侧向下，一般是白色。幼鱼时身体原为左右对称，以后逐渐转为底栖生活，两眼就移到身体的同一侧去。



图 234 比 目 鱼

海龙目：这是一些形状特殊的鱼类，都在浅海生活，身体



有一环一环排列的骨板，吻呈管状，其中海龙、海马的雄鱼腹部有皮褶形成的育儿袋，受精卵即在袋内发育。我国常见的有海龙(图 235)、海马(图 236)，都可作药治病。



图 235 海 龙



图 236 海 马

鲀形目：身体一般较短，前颌骨和上颌骨通常愈合成“喙”，牙齿很大，呈板状。我国常见的河鲀(图 237)，胃部生有气囊，遇敌时，吞气使身体膨胀。内脏和血液均有剧毒，食者常因而中毒，必须注意。但经仔细除净内脏和血液，或加盐



图 237 河 鲀

腌,处理得当,仍可供食用。

在硬骨鱼类中,另外还有一种叫多鳍鱼(图 238),身体细长,具硬鳞,背鳍多个。多鳍鱼的分类位置很久以来都不清楚,有人认为与总鳍鱼类近似,有人认为与辐鳍鱼类接近。



图 238 多 鳍 鱼

### 3. 两栖纲

(1) 一般特征: 两栖类由古总鳍鱼演化而来, 是水生脊椎动物到陆生脊椎动物的过渡类型, 具有水生和陆生二种脊椎动物的特征。如在水中产卵, 多数仍体外受精。卵在水中孵化, 幼体在水中生活, 并以鳃呼吸, 经过发育变态为成体, 产生了肺和五趾型附肢, 能适应陆上生活, 故称两栖类。蛙、蟾蜍的幼体叫蝌蚪。有的种类终生水中生活, 仍保存有鳃。

两栖类的皮肤裸露无鳞, 富有皮肤腺, 分泌粘液, 润湿皮肤, 防止干燥。皮下有大量微血管分布, 能与外界进行气体交换, 辅助肺部不完善的呼吸。心脏分一心室二心耳, 比鱼类进化, 这是与肺的出现相联系的。

(2) 分类: 两栖类种类不多, 热带分布多, 温带少, 南北极没有发现。我国的种类分三目(图 239)。

无足目: 无足。见于我国南方。

有尾目: 生活在水中, 具尾。如蝾螈、大鲵(娃娃鱼)。大鲵是现代最大的两栖类, 分布于我国西北、西南和东南沿海各省, 可供食用。

无尾目: 种类多, 分布较广, 常见的有蟾蜍、青蛙、泽蛙、树蛙、雨蛙、林蛙等, 主要捕食昆虫, 为对农业生产有益的动

物。蟾蜍的耳后腺的分泌物叫蟾酥，供药用。树蛙、雨蛙趾端具吸盘，能吸附在植物的茎、枝或叶片上。中国林蛙又叫哈士蟆，其输卵管和子宫干制后，为有名的滋补品。



图 239 两栖纲主要动物

#### 4. 爬行纲

(1) 一般特征：爬行类由古两栖类动物演化而来，它是真正陆生脊椎动物，具有适应陆地生活的特征：繁殖也在陆地进行，卵生，但为体内受精，多在体外孵化。卵具有革质卵壳，适于在大气环境内发育。从爬行动物起，在胚胎时期具有一种保护性的羊膜结构，保证胚胎发育顺利进行，故属羊膜类，和无羊膜类相区别。体表被角质鳞或角质板，可以防止体内水份蒸发。全部靠肺呼吸，不再需皮肤辅助。心脏二心耳一心室，心室出现不完全的分隔，但与两栖类一样，都属变温动物。脑比两栖类进化，这与适应陆地复杂的环境有关。脊柱分颈

椎、胸椎、腹椎、荐椎、尾椎五部分，骨硬化完全。

(2) 分类：爬行类在中生代曾盛极一时，以后地球上自然条件发生巨大变化，许多种类绝迹，只余下现存四目（图 240）。



图 240 爬行类主要动物

龟鳖目：体宽短，背腹具甲，乌龟、鳖（甲鱼）为常见种类。肉味美，甲可作药。海中的蠓龟、海龟，体重可达几百斤。玳瑁背部有美丽的角质层，常用来作梳、眼镜框等。

蜥蜴目：多数种类体细长，外被小颗粒状角质鳞片，四肢发达，又叫“四脚蛇”，颈明显，多数种类遇敌害时尾部能“自断”而逃走。常见的壁虎体长 10 厘米，趾端具吸盘，昼伏夜出，以昆虫为食。石龙子，体被覆瓦状排列的大型鳞片，多见于长江



以南各省，也吃昆虫。飞龙为树栖种类，体侧有翼状皮膜，能在树枝间滑翔。巨蜥为身体最大的种类，体长达2米以上，产于东南亚及我国云南、广东等省。

蛇类：种类多，遍布世界各地，以热带为最多，大部陆生，也有半树栖、半水栖和水栖生活的，以鼠、蛙、昆虫等小动物为食。分有毒与无毒蛇两类。

毒蛇，我国有五步蛇、竹叶青、眼镜蛇、金环蛇、银环蛇、蝮蛇、蝥蛇等。

无毒蛇有锦蛇、乌风蛇、火赤链、蟒蛇等。

表 10 毒蛇和无毒蛇的外形区别

	毒 蛇	无 毒 蛇
头 部	较大，呈三角形，颈细	较小，椭圆形，与颈无明显界限
蛇 体	较粗短	较细长
尾 部	尾短，自泄殖孔后骤细	尾长，自泄殖孔后逐渐变细
毒 牙	有，并有毒腺囊	无，也无毒腺囊

毒蛇与无毒蛇外形最重要的区别，是毒牙的有无。毒牙比其他牙齿又粗又长，所以在被毒蛇咬过的地方留下的两排牙痕，其顶端两个又粗又深。被无毒蛇咬过的地方，就没有这两个又粗又深的牙痕。这可区别咬人的蛇是否有毒。

毒蛇的毒液极毒，被咬伤后，应立即在伤口上方以绷带或其他带子扎紧，防止毒液随血流或淋巴流到心脏，然后在伤口处以温开水洗涤，剖开伤口，将血中毒液挤出，必要时用口吸，但要口腔无溃疡，同时赶快送入医院急救。

鳄类：分布于热带、亚热带地区，在河、湖或半咸水中生活，性猛，以鱼、鸟、哺乳类为食，皮可制革。我国长江下游芜湖、太湖等地有产，叫扬子鳄。

爬行类动物中有一特别种类叫避役，皮肤内的色素细胞能够移动位置，使身体颜色发生显著变化，所以有“变色龙”之称，分布在马达加斯加岛、非洲大陆、小亚细亚、印度和西班牙南部等地。

## 5. 鸟纲

(1) 一般特征：鸟由古爬行类演化而来，是适应空中飞翔生活的脊椎动物。它具有与爬行类相似的特征：枕髁只有一个；缺乏皮肤腺；缺少膀胱，排泄物主要为尿酸；尿囊为胚胎时期的主要呼吸器官；脚上具鳞，趾爪形；体内受精，卵生等。同时还具有比爬行类更进步和适应飞翔的特征：体流线型；体表被羽，暖而轻；前肢变为翼，后肢支持身体；骨骼坚固而有空隙，内充满气体；大小脑发达；心脏完全分为四室，有完善的双循环；肺构造复杂，附有气囊，飞翔时气囊可增强呼吸，增加浮力；食量大，消化力强，保证了较高的代谢水平和较强的活动力；体温恒定( $38\sim42^{\circ}\text{C}$ )，大大减少了对环境的依赖；肾大，排泄力强，适应高度的代谢水平；有孵卵和育雏的习性，提高了子代成活率。

### (2) 形态结构：

1) 皮肤：皮肤腺缺乏，仅尾部有一具特殊气味的尾脂腺(图 241)，鸟常以喙取得油脂涂在羽毛上，以防止羽毛潮湿。鸡皮肤有黄、白、黑三种。健康鸡皮肤柔软而有弹性，不健康的鸡皮肤粗硬。



尾脂腺

图 241 尾脂腺

羽毛是由皮肤产生的，主要成份为

角质化蛋白与矿物硫等,有维持体温,帮助飞翔和保护机体免受损伤等作用。健康鸡的羽毛光滑舒展,紧贴身体,病禽羽松乱干枯,无光泽。羽毛分正羽、绒羽、纤羽三种(图 242)。正羽覆盖身体大部,由羽轴、羽枝构成。绒羽呈绒毛状,多生在腹部,鸭、鹅等水禽较多。纤羽少而纤细,位于绒羽之下,羽轴极



图 242 三种羽毛

细。正羽可作装饰羽、羽扇、羽帚等。鸭的绒羽俗称鸭绒，轻暖都胜过丝绵与驼毛，盛产于长江和珠江流域，以安徽、江苏两省为著。

2) 骨骼：骨轻而坚固，大部中空，内充气体，这是对飞翔的适应。鸡长期驯养，失去飞翔能力，骨骼也较重。鸟因颈长，头转动灵活，可转  $180^{\circ}$ ，便于觅食、理羽和警惕敌害。鸟的胸、腰、荐、尾等部分的脊椎愈合；肋骨有突起相连，骨架坚牢，利于飞行(图 243)。有发达的肌肉附于前肢骨与胸骨上。胸骨极发达，形成龙骨突起，有利于飞翔活动。后肢支持体重和行走，发达的腰带骨给它提供了强有力的基础。



图 243 鸡的骨骼

3) 肌肉：胸肌和腿部肌肉发达，前者与飞翔有关，后者



与支持全身和行走有关。背部肌肉退化。鸟类肌肉由于活动量大,需氧多,红血球和血红蛋白多,故肌肉呈深红色。家禽飞翔力退化,红血球和血红蛋白含量均少,故肌肉色较白,仅腿肉仍保留深红色。

4) 消化器官: 鸟的上下颌具喙。鸡喙圆锥形,能撕裂较大食物;鸭、鹅的喙扁平形,边缘粗糙,有细缺刻沟渠,便于水中取食细小食物。鸟嘴内无牙,舌尖细,唾液腺不发达。食道在近胸部地方膨大成嗉囊,具弹性,食肉或食虫鸟的嗉囊退化或变小。嗉囊能暂时贮藏食物,并有润滑和软化食物的作用。食物停留时间随食物种类、数量、饥饿程度而异,大约 1.5~18 小时。嗉囊能根据胃的需要量,有节律性地将食物送入胃中(图 244)。

胃分腺胃与肌胃,腺胃紧接食道,为纺锤形管,体积小,内壁具丰富腺体,分泌消化液。食物

在此停留时间短,与消化液混匀后即送入肌胃。腺胃后坚硬的扁圆体即肌胃,俗称肫,壁厚,肌肉发达,收缩力强,内有一层角质膜。腺胃内有砂石,用以研磨食物,帮助消化。角质膜能保护胃壁不受磨损。当砂石缺乏时,消化力显著下降,粪中出现整粒食物,故家禽运动场必须注意砂石的供应。角质膜可作中药,叫鸡内金,能治疗消化不良等疾病。

消化吸收主要在肠中进行。小肠、大肠交界处有一对盲肠,与纤维素消化吸收有关。大肠短,不能久留粪便,故鸟粪



图 244 鸡的消化系统

随时由泄殖腔排出。盲肠、大肠、泄殖腔都有吸收水分作用。泄殖腔是消化、泌尿、生殖孔共同开口体外的管腔。

肝、胰发达,有的种类胆囊退化,如鸽。

肠系膜间有一小块紫红色的脾脏,为造血器官。

鸟类因活动强度大,消化机能亢进,对饥饿敏感,需大量食物,才能满足其能量消耗的需要。

5) 呼吸器官: 鸟呼吸代谢旺盛,耗氧量大,肺构造复杂,小支气管顶端向外突出,形成薄囊,叫气囊。气囊伸到内脏之间和骨髓腔内。较大的气囊有五对(图 245)。因有气囊存在,呼吸吸气时,空气两次经过肺部,故称双呼吸。



图 245 鸟的气囊

气囊的作用是: 鸟飞行时改变身体比重, 增加浮力, 调节体温, 扩大散热面积; 由于气囊大量贮藏空气, 逆风时暂不吸气仍可保证气体交换的进行。此外, 水禽的气囊还有漂浮作用。

鸟飞翔时, 举翅气囊扩张, 气体进入; 降翅气囊受压缩小, 气体排出。当高速飞行时, 鸟的呼吸频率随翅膀动作而增加, 保证了氧气充分供应。

鸟类因有气囊, 进行双重呼吸, 增大了空气中氧气的利用率, 呼吸频率相对较慢, 鸡 40~50 次/分钟, 火鸡 2 次/分钟,

鸭 15 次/分钟, 鹅 9~10 次/分钟。但鸟对氧气供应特别敏感, 空气中氧的含量降低 1.5~2%, 鸟就有喘气反应。因此, 饲养家禽必须保证空气流通。

6) 鸣管: 在鸟的支气管分枝处有一两侧压扁部分, 叫鸣管, 是发声器官。

7) 循环器官: 鸟类心脏大, 分四室(图 246), 大、小循环完善, 体温恒定。鸟类右侧主动脉发达, 左侧退化。心脏大小与心跳速度都是对飞翔的适应。翅膀退化的食火鸡心跳 100 次/分钟, 飞翔能力较差的家禽平均心跳为 280 次/分钟, 而麻雀则为 500 次/分钟。鸟类红血球比哺乳类大, 卵圆形, 有核, 数量亦多, 血红蛋白含量高, 供氧充足, 体温高, 如鸡为 40.5~42°C, 鸭 41~43°C, 鹅 40~45°C。善飞鸟类代谢较旺盛, 红血球较小, 而数目却较多, 携氧面积大, 体温就更高。



图 246 鸡的心脏

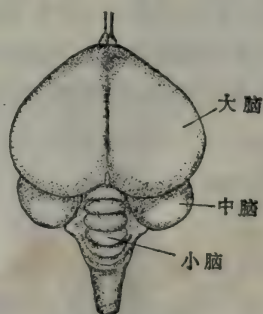


图 247 鸡的脑

8) 神经与感官: 鸟类的脑(图 247)发达, 具明显弯曲。大脑大; 中脑视叶因视觉灵敏而特别发达; 小脑发达, 这与飞翔需要有规则而协调的动作有关; 延脑有司羽毛运动的肌肉的神经中枢, 杀鸡时用刀尖破坏延脑后, 羽毛极易脱落。

鸟类的听觉器官较爬行类发达,除内耳、中耳外,有外听道。内耳具有开始弯曲的耳蜗管,中耳具耳柱骨和蹬骨。鸟类视觉很发达,眼具可动眼睑及瞬膜,防止外物侵入或冷空气刺激。巩膜里有环状排列的骨板(图248),防止眼球受压变

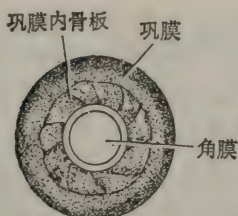


图 248 鸟眼巩膜

形。环状肌和睫状体发达,睫状体多达 100 个以上(人只有 70~80 个)。当睫状肌收缩时,可使水晶体和角膜的曲度加深,故鸟眼有双重调节,使鸟能快速调节视力,既能在高空清楚看见地面的食物,又能很快飞到地上准确取食。

此外,鸟眼对物象及颜色也有较强的分辨力。一般鸟类的黄斑部圆锥细胞多,适于昼视,傍晚回巢。有的夜行性鸟类如猫头鹰,圆柱细胞多,适于夜视。

9) 排泄器官: 鸟因新陈代谢旺盛,肾脏较大。肾位于脊柱两侧,为紫红色长形扁平体,每侧分三叶,无肾盂(图249)。输

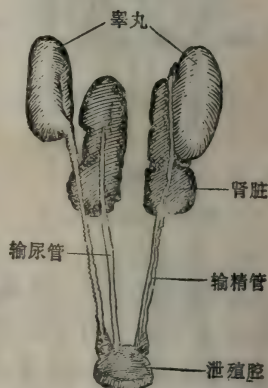


图 249 鸡的排泄器官



尿管由肾内侧发出，向后通入泄殖腔。无膀胱，泄殖腔可吸收尿中水分，故鸟每天排尿量极少。尿白色，主要为尿酸和尿酸盐，附于粪便表面。

10) 生殖器官：鸟类生殖器官在繁殖时变得发达，其长度和重量比平时增加很多。

雄性生殖器官：肾脏前端有一对白色豆状的精巢，通常左大于右，输精管由精巢内侧发出，弯曲盘绕形成副睾，以后管子渐大，膨大部叫储精囊，最后输精管开口于泄殖腔，开口处膨大呈乳头状，即为鸟类的交配器官。

如在公鸡小时就阉割掉两只精巢，则新陈代谢下降，能量消耗减少，可使公鸡肥胖，道理与公猪的阉割相同。

雌性生殖器官与鸡蛋形态形成：卵巢也位于肾脏前端腹侧，多数成年鸟仅左侧发达，右侧退化，输卵管也只是左侧发达。卵巢由许多发育不同大小不等的卵泡、血管及结缔组织构成。繁殖时鸡卵巢中最大卵泡的直径可达40毫米。鸡的卵细胞黄色，内含大量卵黄物质，故称多黄卵。以鸡为例，鸡蛋中的蛋黄就是一个卵细胞，其中的卵黄物质是胚胎发育时的营养物质。蛋黄上的白色绿豆样大的圆点，叫胚珠，是卵细胞核所在处。受精卵在适当条件下就从这里开始发育成胚胎。鸡蛋白是卵细胞膜外的“卵膜”，它是由输卵管壁分泌物形成的。输卵管前端呈漏斗状的喇叭管，成熟卵从卵巢排出后落入喇叭管内，以后下降到卵白分泌部，管壁分泌浓蛋白，包围在卵外，浓蛋白随卵旋转下降中形成卵带，卵进到输卵管狭小的部分叫峡部，此处分泌物形成两层卵壳膜。两层壳膜在蛋的大端分开，中间的空腔叫气室。峡部下段输卵管膨大，管壁增厚，此处分泌石灰质，形成卵外的硬壳并分泌稀蛋白，卵壳为多孔性，以保证气体交换(图250)。最后端输卵管分泌粘液，

润滑卵壳，便于产卵。通常鸡卵在输卵管内停留一昼夜而完成其形态的形成。高产鸡排卵多，卵在输卵管内时间也短，故有时可一日产两只卵。产卵动作本身也可刺激卵巢排卵。鸡蛋的大小决定于鸡的品种、个体的大小、年龄、外界温度和营养条件等，也决定于卵黄物质聚集的多少、输卵管的粗细及卵白分泌的多少。

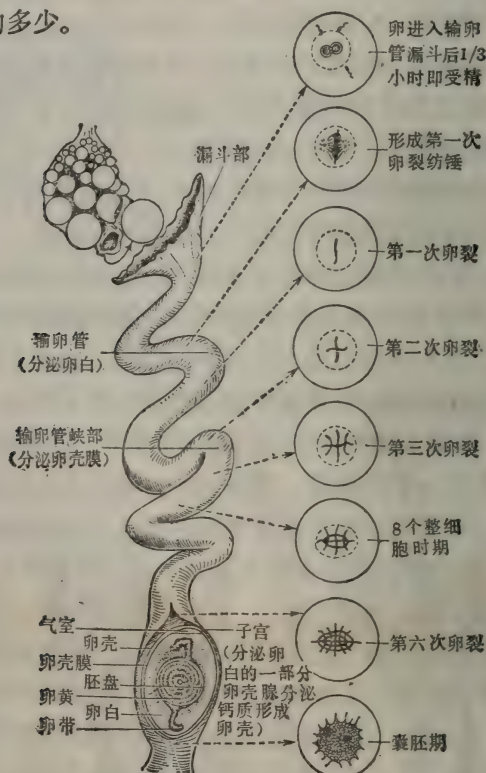


图 250 鸡卵形成过程

畸形蛋：常见的双黄、三黄蛋主要是由于卵巢中卵泡成熟时间太近或同时成熟，使两、三只卵在输卵管内相遇，被卵

白或卵壳膜包在一起而成。软壳蛋主要是由于饲料缺钙和维生素 D,或因注射鸡瘟疫苗后的反应,或因鸡受惊后输卵管蠕动加强、卵壳来不及形成就产出等原因。必须进行具体分析,以便消除病因。小蛋俗称“鬼蛋”,多出现在盛产季节,有时是由于输卵管受刺激,蠕动加快,分泌不正常,以致造成无卵黄或无卵白,所以产出时很小。蛋中蛋和腹中蛋,主要由于输卵管受刺激后,生理反常,产生相反方向蠕动,将已形成的蛋推到输卵管上端或腹腔中,当生理恢复正常后,输卵管上端的蛋又重新下移,其外又重包一层蛋白、卵壳膜、卵壳等形成蛋中蛋,或留在腹腔的即成腹中蛋。

(3) 繁殖与胚胎发育: 鸟类繁殖有季节性, 春天日照加长, 刺激生殖腺发育, 便有营巢现象。家禽由于人工饲养培育, 能四季产卵, 但春季特多。鸟的繁殖是体内受精, 卵生, 体外孵化。鸟的胚胎发育除早期很短一段时间在体内进行外, 其余均在体外进行。

1) 受精: 雌雄交配后, 精子到达输卵管上端与卵相遇, 进行受精。通常为多精入卵(鸡约 5~25, 鸽约 15~25 个精子入卵), 但在正常情况下, 只有一个精子与卵结合。鸡的精子在输卵管内可保存三周以上, 故鸡交配一次, 三周后仍可发现受精卵, 但受精率最高是在交配后的第 6~10 天左右。精子穿过卵膜进入胚珠, 精子头部形成精原核与卵核相结合, 完成受精过程。

2) 卵裂: 鸟卵为多黄卵, 卵裂仅在原生质较多的胚珠处进行, 这叫不完全卵裂或局部卵裂。鸡的卵裂在受精后 3~4 小时开始。受精卵经多次分裂成许多细胞形如盘状, 叫做胚盘, 所以也称盘状卵裂。

3) 囊胚: 细胞继续分裂, 胚盘下出现空腔, 将上面卵裂

球与卵黄分开,空腔随卵裂过程而扩大愈合为一,这个以卵黄为底壁的腔叫囊胚腔,以后细胞多次分裂,形成愈来愈小的多层细胞,叫囊胚(图 251)。



图 251 囊 胚

4) 原肠胚: 囊胚深层细胞经分层作用与表面细胞分开,形成两层,表面叫上胚层,下面一层叫内胚层,此时的囊胚腔即叫原肠腔,上胚层细胞进一步分化,形成原条、原结和原沟,由原结和原沟处细胞内卷形成中胚层,此时表面上胚层细胞即形成外胚层(图 252)。以后内、中、外三胚层分化为新个体的各组织、器官和系统。

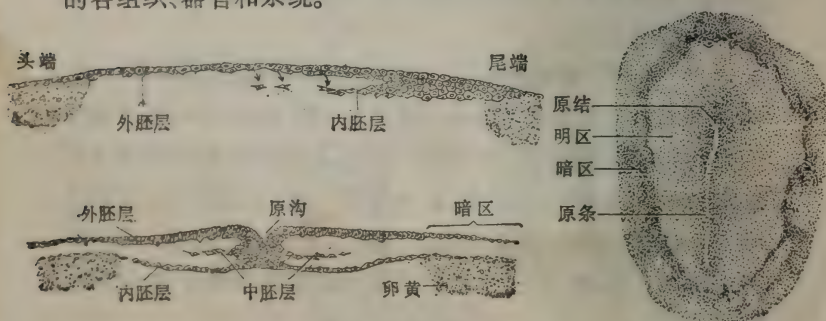


图 252 原 肠 胚

5) 胎膜: 鸟胚胎发育过程也出现胎膜,并起着重要的作用。包在卵黄外的卵黄囊除供应营养外,早期还有造血和呼吸作用。尿囊是气体交换和储存尿的器官,尿囊包围卵白形成卵白囊,有吸收营养物质的作用。羊膜囊为包围在胚体外



的透明薄囊,保证胚胎发育时需要的湿度,使胚体能在羊水中自由活动和生长,羊水也能缓冲碰击,以免胚胎与卵壳直接碰撞。

6) 鸟卵的孵化: 通常鸟卵在体内受精后发育到原肠形成初期才产出,当外界条件不适合时即停止发育。鸟卵在适当条件下发育到出雏的过程叫做孵化。自然界中鸟产卵数少,通常一巢卵只几个到十几个。卵开始孵化时间各有不同,鸡形目等类鸟多在一巢卵产完后才孵卵;啄木鸟等则在产卵中途就开始孵卵;也有在开始产卵时就进行孵卵的,如隼形目的鸟类。总之,鸟类自然孵卵都在产卵后很短时间内进行,所以人工孵化也必须注意卵的新鲜程度,一般在卵产出后两周内最好。自然界孵卵多由雌鸟担任,个别种类也有雄鸟担任的,如鸛鹑。大抵羽色上两性相似的鸟,往往雌雄共同参与孵卵。鸟类孵卵时腹部羽毛脱落形成裸区,此处皮肤松软,血管丰富,温度较身体其他部分为高,叫孵卵斑。孵卵时亲鸟以孵卵斑覆于卵上,使卵达到需要的温度。有的鸟不会孵卵(多为热带鸟),却将其卵产在其他鸟的巢中由别种鸟代为孵育,如杜鹃。有的家禽,例如鸭子,已失掉孵卵能力。由于孵卵影响产卵,现代养禽一般都采用人工方法孵化。

人工孵化中的生物学检验是提高孵化率的重要措施。为保证孵化正常进行,孵化前必须检查种卵质量。检卵方法是用强灯光加有孔暗罩,将卵放在孔边,借助强光透视观察卵内情况,这种检查叫验卵。验卵必须掌握卵和胚胎发育的正常结构,做出正确判断。通常孵化前验一次,孵化中验2~3次。

孵化前验卵主要是淘汰无孵化价值的卵。卵壳有裂纹,太厚或太薄;气室位置不正,位于中央或小头者,或气室太大的陈旧卵;卵内有异物如血滴、脱落组织、粪、砂土等;卵黄颜

色不正常, 营养不良的灰白色卵黄, 或卵色暗黑似有斑点状物的有病卵黄; 以及种种畸形卵等均属淘汰之例。

第二次是检验孵化 5~7 天的鸡鸭卵, 目的是挑出未受精卵和死胚卵。此时胚长约 1~2 厘米, 初具鸟形, 胚体的眼大,



图 253 孵化 7 天的鸡胚

黑色, 头向胸弯, 卵黄囊血管由胚体发出, 卵黄囊包在上半部卵黄上。心脏已开始跳动有血循环, 也有自发的体温(图 253)。验卵时灯光下可见蜘蛛状胚体, 转动卵时, 胚胎亦随之转动, 卵黄囊血管清晰可见, 连血管收缩也可感知; 整个卵色发红。未

受精卵内无胚胎和血管, 卵色淡黄均匀, 只可见到卵黄影子(图 254)。死胚卵则多为不规则的血环或血线贴在卵壳上, 无清晰血管, 也无胎动。

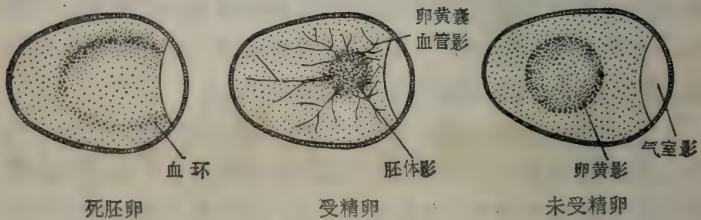


图 254 孵化 5~7 天受精、未受精及死胚卵

孵化 12~14 天左右, 进行第三次验蛋。此时, 尿囊包于卵黄囊外, 血管很发达, 卵黄囊相对缩小, 胚胎更大, 由原来横位渐转为与卵轴平行, 头端位于气室附近, 胚胎身体被毛。灯光下可见尿囊血管几乎满布全卵, 胎大, 气室附近胎

头部透光少,色暗黑(图 255)。如为死胚卵,卵黄呈分离状,胚胎固定于一侧不动,血管黑紫色,胚胎比正常发育显著小。

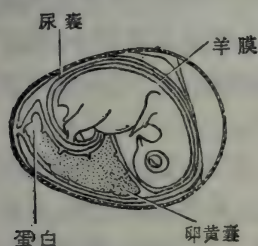


图 255 孵化 12~14 天鸡胚



图 256 孵化 18~20 天鸡胚

第四次检蛋在孵化 18~20 天(鸭 24 天时)。此时胚胎已长至 7~8 厘米,尿囊与卵黄囊血管开始退化,多余卵黄由肚脐吸收入胚体内,胎头埋于右翅下,腿弯曲朝向头部,便于出壳时挣扎有力,胚胎颈部肌肉发达,也可帮助出壳(图 256)。喙已角化,喙端有角质隆起,叫卵齿(图 257),有顶破卵壳的



图 257 鸡 卵 齿

功用,在出壳后不久脱落。19 天时鸡喙尖开始穿入气室一侧(鸭喙 26 日穿入)卵壳下,出壳时,卵齿在卵壳大头气室附近先顶开一小孔,以后从小孔处沿气室一圈啄破,借助头颈与两脚的挣扎力量,将壳顶开而出(图 258)。19 天左右灯光下验卵,只见全卵漆黑,只有气室处较明亮(图 259)。轻摇卵时,胚胎受震即在内转动,牵拉壳膜也动。有时在气室边侧



1



2



3

图 258 出雏过程

1. 雏鸡用卵齿顶破卵壳 2. 雏鸡用喙啄壳 3. 雏鸡破壳而出

可见喙尖影子，这就可断知为活胚。反之，摇卵时，胚体不动，气室边缘有粉色或黑色环，胚胎发育极小，或卵内透明度较大，这都说明胚胎已死。

根据死胚或未受精卵的情况，看其是否普遍，是否集中在少数鸡号，就可分析出未受精或死胚的原因，是种

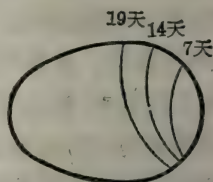


图 259 孵化时期气室的变化

雄禽的问题，还是个别雌禽问题，还是种禽群的饲养管理问题，或是孵化条件问题，以便及时采取措施，加以改进。

雏鸡孵出前卵黄囊全部吸入体内，形成肠壁的一部分。卵黄囊吸收不全时，雏鸡腹部有一黄色小泡，干后结疤留在肚脐处，手摸很硬。尿囊与绒毛膜则在 20 天时逐渐萎缩，出壳时脐部断裂，尿囊与绒毛膜留在卵壳内。挑选雏鸡时一般多挑腹部柔软，脐带和卵黄囊吸收好的，成活率高。

雏鸡(鸭)的雌雄鉴别是我国劳动人民在生产实践中积累了丰富经验取得的成就，现行的“肛门鉴别法”是我国首先发明的。及早鉴别雌雄分别饲养管理，可使雌雏生长发育快，产卵早，雄雏催肥早，提早出售，节约饲料及劳力。



体征鉴定要在同一品种，种卵大小差不多的情况下进行效果较好。一般雄雏要头大，喙大，个子大，脚粗，有精神，活跃，俗话说捉在手里有“骨气”。

翅、尾羽生长快慢是对兼用品种芦花、洛岛红、新汉鸡雌雄鉴定的依据，15日龄的雌雏，翅、尾羽生长快，雄的翅羽极短，尾羽没有。肉卵杂交时也有此现象。有彩色羽毛的品种，常可根据某部分羽色差异来鉴定雌雄，如洛岛红一日龄雄雏翼膜上的羽毛有比雌雏更鲜艳的色彩。

根据生殖突起形状，用“肛门鉴别法”测定一日龄雏鸡性别时，应以左手握雏，背向手心，头向下或挟在中指与无名指之间，脚挟在无名指与小指之间，拇指固定泄殖腔上方，右食指与拇指在下方将泄殖腔拨开，在灯光下可见雄雏泄殖腔下部有一极小瘤状突起，突起两侧各有一皱襞呈八字形（图260）。根据突起的有无及形态的差异来区别雌雄，此种鉴别准确而迅速，有经验的工作者每小时可鉴别300~500只小鸡，准确性可达95%。

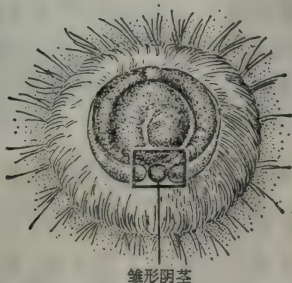


图 260 一日龄雄雏的泄殖腔，示生殖突起

一日龄雏鸭的性别鉴定，则以鸣管大小为根据。雄雏鸭鸣管扩大成球形，在头颈基部两侧锁骨结合成的三角的中间，用左手握直鸭头，右手食指触摸（图261），极易鉴别。



图 261 雏鸭性别鉴定

孵化条件：鸟卵孵化要求一定的外界条件，如温度、湿度、空气及转卵等。不同鸟类具体要求不同。

温度是孵化中首要的条件。鸟为恒温动物，胚胎发育要求有一定温度。通常在孵化初期胚胎小，无自发体温，要求温度偏高。鸡孵化3天开始心跳，5天后开始有自发体温，进行呼吸代谢，产生热，以后体温逐渐升高。因此孵化后期温度要求偏低。外界气候

条件不同，温度要求也各异。气温低时孵化温度要偏高，气温高时则孵化温度应偏低。虽然鸟孵化的最适温度要求很严，但 $20^{\circ}\text{C}$ 以上室温时一般鸟卵都可继续发育，一旦这种发育开始，就不可停顿，通常这种发育是不正常而且缓慢的，常造成中途死亡。种卵必须保持在 $10^{\circ}\text{C}$ 以下的清洁条件下。但 $8^{\circ}\text{C}$ 条件下保存一个月以上的卵孵化率也显著下降。因此，种卵不宜保存时间过长。

湿度也是孵化的必要条件。孵化时温度高，卵内水份易蒸发，要求一定湿度以防止水份过分蒸发而影响胚胎发育。但如湿度太高，卵内气室变小，影响空气流通，氧供应不足，也易使胚胎窒息。不同发育阶段对湿度要求也不同，孵化初期，温度高，水份蒸发快，相应对湿度要求也高。同时尿囊、羊膜囊形成也需水份，卵黄大量吸水胀大也要求较大湿度。孵化中、后期湿度可偏低，有利羊水及尿囊液吸收。快出雏时，胚胎已有自发体温，这时温度不是主要矛盾，要防止绒毛膜、尿囊、卵壳

膜与胚体粘连,就要求一定湿度。但胚体大,又需要更多氧的供应,要求良好通气。这时空气与湿度有一定矛盾,必须处理得恰当,才能保证正常出雏。

胚胎发育需要大量氧气,也排出大量二氧化碳。后者过多不能排出会引起生长迟缓、停顿、畸胎、胎位不正等,以致造成死胎。因此,保证充足的空气很重要。孵化初期需氧少,卵黄中的氧已够用。随着胚胎长大,需氧量增多,必须由外界吸取。氧气是通过卵壳上小孔和气室供应。随着孵化时间增长,孵化器上的通气孔应逐渐增大。

鸟孵卵时常转动卵,改变卵的位置,使每个卵受热均匀。鸡每小时转两次,多则十多次。转卵还可使胚胎不与胎膜、卵壳粘连。因此,人工孵化时每日转卵至少四次,通常每2小时一次,每次转 $45\sim 50^{\circ}$ 角。

以上为胚胎发育的必要条件,但这些条件不是孤立的,而是相互关连的,必须全面考虑。在一定条件下,温度高时水份蒸发快,要保证一定湿度,必须增加供水;反之,则需减少供水。而温、湿度又与通风条件有关,通风好时温湿度相对降低,要保持一定温湿度,调节时必须偏高。胚胎发育不同阶段对外界条件要求又有不同,人工孵化中必须正确处理孵化条件中的辩证统一关系,抓住一定发育阶段中的主要矛盾和矛盾的主要方面,才能创造最合适的孵化条件,提高孵化率。

(4) 分类: 鸟纲种类多,分布广,主要有以下各目(图262)。

鸵形目: 胸骨扁平,无龙骨突起,翼退化,不能飞翔,后肢非常发达,善步行,体型最大,成鸟高达2米多。如非洲鸵鸟,产于非洲、阿拉伯等地。





图 262 鸟纲主要动物



企鵝目：前肢呈槳狀，善游泳和潛水，不能飛翔。如各種企鵝，分布在南半球。

下面介紹的各目都有發達的胸骨和翼，骨骼充氣，肺具氣囊。

鵜形目：多為大型鳥類，後肢短，四趾全朝前方，趾間有蹼，善潛水、游泳，以魚為食。如鵜鶘、鸕鶿。鵜鶘體型大，羽白色，下頷有大的皮囊，我國多見於河北、河南、江蘇、福建等省。鸕鶿體較小，羽黑色，喉部也具皮囊。冬季於華北、華東、華南、西北等地過冬。漁民常馴養它潛水捕魚。

鸛形目：喙、頸、腳都長，適於水邊淺灘上捕食魚蝦。如白鸛、蒼鷺等涉禽。

雁形目：喙扁平具缺刻，頸長，後肢短，具四趾，前三趾間具蹼。本目鳥類經濟價值大，肉、蛋、羽都是重要產品。如鴨、鵝、雁、鴛鴦等。

隼形目：喙鉤狀彎曲，趾具利爪，以小型動物如啮齒類和昆蟲為食，多為益鳥。如鷹、鵟、隼等肉食性猛禽。

雞形目：喙短而尖，圓錐形，腳健善走，飛翔力弱，多在地面行走，以種子、昆蟲為食。雄性體大，羽色鮮艷，頭部有肉冠，足後有大距。如環頸雉，又名野雞，栖於丘陵的叢草或灌木林中，有時也到田間尋食，我國各地山區都有。綠孔雀，產於雲南，以雄鳥羽毛鮮麗而著名。其他如褐馬雞、錦雞、白鸕，均為我國特產。

原雞是家雞的祖先，體瘦小，善飛，我國雲南、廣西南部都有分布。1400年前，我國就有養雞記載。原雞經過長期馴養、選擇、培育和飼養管理的改善，育成了現今各個家雞品種，我國的九斤黃、狼山雞、壽光雞、肖山雞等，體大、肉嫩、味美，為世界著名品種。

鹤形目：喙、颈、脚均长。后趾不着地。丹顶鹤又称仙鹤，是我国珍贵鸟类，因头顶赤红色而得名。生活于苇塘荒草沼泽地带。其他有灰鹤、秧鸡等。

鹈形目：喙尖长，翼尖，趾长，中趾尤甚。为中小型涉禽，如杓鹬，以水边鱼、虾、蠕虫、水生昆虫为食。

鸥形目：喙细直而侧扁，翼特别长，后腿短，前三趾具蹼，中趾长，尾短圆或呈叉状。常见的如银鸥，为沿海常见鸟，羽银灰色，背部深灰色。

鸽形目：喙短，基部有蜡膜，主要以谷物或杂草种子为食。嗦囊发达，繁殖时能分泌“鸽乳”以喂饲雏鸽，鸽乳中含大量蛋白、脂肪、蔗糖酶、淀粉酶和各种维生素，营养极丰富，能促使雏鸽快速生长。经济价值大。如鸽、斑鸠等。

鹃形目：喙微向下弯，翼尖，尾长，趾两前两后叫对趾型，适于攀握树枝，常栖山地及平原树林间，喜食昆虫及许多森林害虫，为农林益鸟。这类鸟多不自营巢孵卵，常将卵产在苇莺、伯劳等鸟巢中，使其代为孵育。杜鹃幼雏，孵出后即将其他鸟卵排挤出巢去。

鸮形目：头大，有面盘，两眼向前，适宜夜视，能在微光下见物，听觉灵敏。翼发达，善飞，体羽柔软，飞行无声，后肢健壮全被羽，爪弯曲锐利，利于捕食、活动。如猫头鹰。

雨燕形目：喙短扁平，呈三角状，翼尖长，尾叉形，四趾向前，唾液腺发达，唾液供营巢用。如我国海南岛附近至西沙群岛一带的金丝燕，在悬崖上作巢，巢以唾液海藻等粘合而成，叫燕窝，为名贵补品。此外有北京雨燕。以蚊、蚋等昆虫为食。

鸢形目：喙尖直，舌长，舌尖具倒钩，适于钩取树孔中小虫。趾两前两后，适于攀援。尾羽硬而富弹性，插于树干上作一

固着点,产卵于树洞中,常见如啄木鸟。

雀形目:多为小型鸟,种类最多。喙、脚均弱,三趾向前,一趾向后,在一平面上。善鸣叫,巧营巢,多以昆虫幼虫为食,也有以浆果和种子为食的,前者多为农林益鸟,后者多为害鸟。常见种类如家燕、麻雀、乌鸦、喜鹊、白头翁、黄鹂、伯劳等。

## 6. 哺乳纲

(1) 一般特征:哺乳类为最高等的脊椎动物,也是由古爬行动物演化而来。其主要特征是:哺乳,绝大多数种类胎生,多数种类具胎盘;心脏分为四室,左大动脉发达,具完善的大小循环;肺具肺泡,数多;红血球小,无核,数目多,吸氧面积大大增加;具肌肉性横膈膜,将体腔分隔为胸腔和腹腔,气体交换容量增大;体表具毛发,皮肤腺发达,有汗腺、皮脂腺等;由于气体交换加强和对体温调节的适应,具有恒定体温;大脑皮层及小脑都发达,视觉、听觉器官均较灵敏,行为复杂,对环境的适应也较完善;牙齿分化为门齿、犬齿、前臼齿、臼齿,故为异形齿;多数种类肛门与生殖孔单独开口于体外。

(2) 分类:分三个亚纲(图 263)。

1) 原兽亚纲:为哺乳类中较原始的种类,是现存的过渡类型,有“活化石”之称。肛门与生殖孔不分开,故又称单孔亚纲。其他特征是:卵生,乳腺管状,无乳头,开口于乳腺区,幼仔以舐吮方式获取乳汁。体温不恒定,波动于  $26\sim 35^{\circ}\text{C}$  之间,如鸭嘴兽。

2) 后兽亚纲:较前者进化,肛门与生殖孔分开,乳腺具乳头,胎生,但无真正胎盘,胚胎较大,在母体子宫内发育不完全即产出,在母体腹部皮肤形成囊状之育儿袋内继续生长发育,故又名有袋类。体温不太恒定,波动于  $33\sim 36^{\circ}\text{C}$  之间,如袋鼠。





图 263 哺乳纲主要动物



3) 真兽亚纲: 现存大多数哺乳类都属此亚纲。肛门与生殖孔都单独开口。胎生, 具真正的胎盘。体温较高而恒定, 一般在  $37^{\circ}\text{C}$  左右。主要分以下几目。

食虫目: 体型小, 有长而尖的吻, 齿尖利, 分化不明显, 主要以昆虫和蠕虫为食。如刺猬, 全身有棘刺, 遇敌能蜷缩成球形。以昆虫为食, 有利于农、林、牧业生产。其他如鼯鼠, 形如小鼠。

翼手目: 是能飞翔的哺乳类, 前肢延长成皮膜状的翼, 视力弱, 但听觉和触觉很灵敏。如蝙蝠, 常栖息于住宅附近, 黄昏飞出, 捕食昆虫; 果蝠, 体较大, 以果实为食, 为害果园。

鳞甲目: 身被覆瓦状排列的角质鳞, 头长而尖, 无齿, 舌长, 能从口中伸出, 用粘液粘食蚁类。如鲛鲤, 又叫穿山甲。

啮齿目: 为小形的哺乳动物, 上下颚各有一对发达的门齿(兔子上颌具一对大门齿, 大门齿后面还有一对小门齿), 没犬齿, 故门齿与臼齿间有宽阔的间隙。啮齿类种类和数量都较多。性成熟早, 繁殖力强, 主要吃植物性食物, 与人类益害关系密切。有害种类如栖居住宅中的黄胸鼠、小家鼠等, 偷盗食物, 咬坏衣物, 传播鼠疫等疾病; 黑线姬鼠、仓鼠在田野损坏庄稼, 盗食谷物, 危害甚大。有的啮齿类皮毛可用, 如灰鼠、赤腹松鼠、河狸、兔等。家兔与豚鼠常作为医药科学的实验动物。

食肉目: 身体通常大而强壮, 多为肉食性, 犬齿特别发达, 指趾端具锐利的爪, 性凶猛。如东北虎、华南虎、金钱豹、黑熊、非洲狮等猛兽。食肉类毛厚而密, 很多种类为珍贵的皮毛兽。如长白山、小兴安岭的紫貂, 栖于江河、湖泊岸边的营半水生生活的水獭, 遍布全国各地的黄鼬狼, 以及狐等。紫貂、水獭在我国已能人工驯养和繁殖。大熊猫为我国特产, 分

布于四川西北部山区及甘肃最南部,栖于 2600~3500 米高山原始竹林中,以竹类为主要食物,是世界珍贵动物。

鳍足目:是栖居于海洋里的哺乳类,体被短而密的毛,四肢变成桨状,指、趾间有蹼,适于游泳。如海豹、海狗等。

鲸目:终生在水中生活,体形如鱼,毛退化,皮下有一层脂肪,以保持体温、减轻比重。前肢呈桨状,后肢退化,尾鳍分叉,背腹平扁。肺大,能贮藏大量空气。潜入水中后每隔一定时间升到水面进行吸呼,呼出的热气混有大量水蒸气,往往形成一股雾柱,远看如同水柱。雌性有乳房一对,位于生殖孔两侧,为皮囊遮蔽,乳汁靠乳房周围的肌肉收缩将乳挤到仔鲸口中。鲸除少数淡水种类外,均海产,经济价值大,肉可食,皮制革,鲸油是油脂工业和油脂化工方面的重要原料,鲸脑油是精密机械、仪表的润滑油,肝脏可提取鱼肝油,其中含有大量维生素 A、D。如剃刀鲸,体长可达 33 米,重 1200 吨,是世界上最大的动物。白鳍豚,多见于洞庭湖及其附近水域,是我国特产。此外有江豚(江猪)、海豚、虎鲸等。

长鼻目:是现代陆地上最大的动物,鼻和上唇愈合,延伸成圆筒状长吻,用于摄取食物。上颌门齿长,突出口外,称为象牙。体笨重,四肢粗壮,主要以乔木和灌木的树叶、枝、根为食。现仅存两种,一种是亚洲象,分布在我国云南及亚洲南部的一些国家。鼻端背侧有一突起,雌性无象牙,易驯养,可供役用。另一种产在非洲,鼻端背腹侧各有一突起,雌雄均有象牙,性凶猛,较难驯养。

偶蹄目:都是大中型兽类。前后肢长大,第一趾完全退化,第二、五趾不发达,或退化,仅第三趾和第四趾发达,同形且对称,趾端具坚硬的蹄,蹄为偶数,故称偶蹄。以蹄行走,善于奔跑,并承担全身体重。如猪、牛、羊、鹿、骆驼、麝、獐、河马

等，多为草食性。多数种类胃的构造很复杂，分多室，叫反刍胃，一次可吃大量的草，以后再由胃返回到口中慢慢咀嚼，再第二次咽到胃里消化，这叫反刍，如牛、羊、鹿、骆驼。骆驼的胃还有许多水囊，蹄下有肉垫，适于沙漠中行走。鹿类一般雄性有一对骨质角，每年脱落一次，鹿茸、鹿血、鹿胎、鹿尾都是贵重药材，我国许多地区都有养鹿场，进行人工繁殖驯养。麝以产麝香而著名。

奇蹄目：体大、中型，第三趾特别发达，其余不发达或完全退化，趾端亦具蹄，以蹄行走，如马、驴、骡、犀牛等。骡为马与驴的杂交种，不能繁殖，由于它具有比马、驴都大的役力，故在我国广大农村大量饲养。犀牛的角是贵重药材。

灵长目：这是最高等的哺乳类。面裸露，眼前视，前后肢各具五指（趾），指（趾）端具扁平指甲，第一指与其他四指相对，能握物。大脑发达，有复杂的沟回。多树栖，以热带、亚热带森林为多。常见的有猕猴，产于我国西南、华南，常成群活动。金丝猴为我国特产的名贵动物，产于四川、西藏、甘肃等省。黑长臂猿前肢比后肢长，前臂比后臂长，手掌比脚掌长，产于云南、海南。此外，生活在非洲的大猩猩、黑猩猩，苏门答腊的猩猩，形态构造似人，行为复杂，又叫类人猿。

按动物分类系统来说，人是属于哺乳类中的灵长类，但人与一般的灵长类有本质的区别。伟大导师恩格斯说：“经过多少万年之久的努力，手和脚的分化，直立行走，最后确定下来了，于是人就和猿区别开来，于是音节分明的语言的发展和头脑的巨大发展的基础就奠定了，这就使得人和猿之间的鸿沟从此成为不可逾越的了。”由于人的手、足分化，手和脑合作，制造工具，从事生产劳动，并不断创造新的环境，改造自然界，也创造了人类本身，使人类超越出动物的范围。

# 微 生 物

## 怎样认识微生物

### 一、微生物是什么

在我们生活的周围,除了植物和动物以外,还有一个极其庞大的微生物世界。它们是一群体形微小、构造简单的低等生物。微生物通常是单细胞的,也有简单的多细胞和没有典型细胞形态的类型,一般包括细菌、放线菌、真菌(酵母菌、霉菌)、立克次氏体\*、病毒、小型藻类和原生动物等。后二者也经常分别放在植物、动物界中。而在工、农、医上常见常用的微生物是细菌、放线菌、酵母菌和霉菌四大类。

在日常生活和生产实践中,这些微生物经常和我们打交道,积极地活动着,其中有的有害,也有的是有益的。如夏天食物发酸腐败,潮湿季节衣物发霉变质,人、畜和植物的传染病,酿酒,发馒头,泡菜及种过豆科植物的土壤肥沃等,都是微生物的生命活动所引起的。有些微生物在一定条件下能产生抗菌素、氨基酸、蛋白质等有价值的产品。因此,控制和消灭有害的微生物,利用和改造有益的微生物,使其更好地在社会主义建设中发挥作用,是认识微生物的目的。

---

\* 立克次氏体:形体比细菌小,而寄生性强又象病毒的微生物。它们通过跳蚤、虱等为媒介,寄生在人及其他哺乳动物体内,使寄主受害。



微生物虽然非常微小，但它们和其他的生物一样，具有新陈代谢、生长繁殖、遗传变异等生物特性；而又有它们自己的特点：

(1) 分布广、种类多：自然界中无论是高山、深海、空气、土壤以及动植物和人体内外，到处都有微生物的踪迹，特别是土壤，它是各种微生物活动的主要场所。据统计，一克土壤中含有几千万到几百亿的微生物。从种类来说，微生物界也很庞大，仅目前知道的就有十万种左右，各种微生物的代谢产物已超过 1300 种，所以微生物是生产实践上取之不尽，用之不竭的菌种资源。

(2) 繁殖快、代谢能力强：微生物具有惊人的繁殖速度。一般细菌每 20~30 分钟分裂繁殖一代，24 小时分裂繁殖 72 代。就是说，一个细菌一天就变成了 4, 722, 000, 000 万个。而且它们吸收养料多，代谢能力强，产物的量也多。如乳酸菌每小时可产生为其体重 1000~10,000 倍的乳酸；产朊假丝酵母合成蛋白质的能力是大豆的 100 倍。为生产提供有利的条件。

(3) 容易变异、适应性强：微生物的每一个细胞都直接与周围环境接触，容易受外界条件的影响而发生变异。这种变异对人来说，既有利也有害。在生产上可以利用这种特性选育菌种，控制它朝着有利的方向发展。例如灰黄霉素的产生菌经选育后产量提高 50~100%。但是正因为它易于发生变异，菌种的性能容易退化，影响产品的数量和质量。因此做好菌种的保存和复壮工作，在生产上是十分重要的。

我们可以利用微生物的这些特点，生产所需要的各种产品。

表 11 生产上常用的各种微生物

微生物类别	微生物名称	产 物	用 途
细菌	根瘤菌	根瘤菌肥	促进豆科植物根瘤形成
	固氮菌	固氮菌肥	细菌氮肥
	钾细菌	钾细菌肥	细菌钾肥
	磷细菌	磷细菌肥	细菌磷肥
	杀螟杆菌	杀螟杆菌粉剂	农用杀虫剂
	乳酸杆菌	乳酸	牧草青贮, 发酵乳品, 农副 产品加工
	醋酸杆菌	醋酸, 维生素C	医用, 食用
	枯草杆菌	蛋白酶, 淀粉酶	皮革脱毛, 酒精浓醪发酵
	短杆菌	谷氨酸	食用味精
放线菌	小金色放线菌	春雷霉素	农用, 医用抗菌素
	细黄放线菌	“5406”抗菌素, 刺激素	“5406”抗生素肥
	龟裂链霉菌	土霉素	医用, 畜用土霉素饲料
	金色链霉菌	金霉素	医用, 畜用金霉素饲料
	灰色链霉菌	灭瘟素	农用抗菌素
	金色链霉菌	庆丰霉素	农用抗菌素
	链霉菌No TH-82	井岗霉素	农用抗菌素
	灰色链霉菌	链霉素	医用
酵母菌	啤酒酵母	酒精, 菌体蛋白, 核苷酸	医用, 工业用, 饲料, “702”
	白地霉	菌体蛋白, 核苷酸	饲料, “702”
霉菌	根霉	糖化酶	饲料发酵, 农副生产加工
	毛霉	蛋白酶	农副产品加工, 制乳腐
	曲霉	糖化酶, 蛋白酶	农副产品加工, 饲料发酵, 制酱等
	木霉	纤维素酶	饲料发酵
	黑青霉	灰黄霉素	医用, 农用抗菌素
	赤霉菌	赤霉素	“九二〇”刺激素
	白僵菌	白僵菌粉剂	农、林用杀虫剂
	无毛炭疽菌	鲁保一号菌剂	农用除草剂
	青霉菌	青霉素	医用
	香菇, 银耳, 灵芝	子实体	食用, 药用

## 二、识别微生物的主要根据

微生物的种类很多,我们怎样去识别它们呢?“任何运动形式,其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾,就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。这就是世界上诸种事物所以有千差万别的内在的原因,或者叫做根据。”

识别微生物的主要根据是:

(1) 微生物的个体形态特征: 包括细胞形态、大小、结构等。

(2) 微生物的群体(菌落)特征: 包括菌落的外形、结构、颜色、气味、有无光泽等。

(3) 微生物的生物学特征: 包括微生物的生活条件、繁殖方式、生理特点等。

一般依照前面两个根据,就可以认识微生物的主要类群,例如细菌、放线菌、酵母菌及霉菌等。如果要进一步鉴别与分类,则需要将三个根据综合起来分析考虑。下面以前两个根据为主,分别介绍微生物的主要类群。

## 微生物的基本特征与常用常见菌

### 一、细 菌

在自然界里,细菌是分布最广、数量最多的一类微生物。许多动植物和人的传染病是由细菌引起的,如伤寒、细菌性痢疾、脑膜炎、炭疽病等。解放前,我国在反动阶级的统治下,传染病流行,给广大劳动人民带来了深重的灾难,对畜牧业造成了严重损害。解放后,在党和毛主席的领导和关怀下,我国大力开展微生物的研究和生产工作,坚持贯彻“预防为主”的

方针,主要的人、畜细菌性病害基本上得到控制。同时还广泛地将细菌应用到工、农、医各个生产领域。例如,在农业上应用细菌生产杀虫剂、细菌肥料及青饲料发酵等;在发酵工业上应用细菌生产蛋白酶、淀粉酶、谷氨酸、维生素等;医药上的菌苗、类毒素\*和抗毒素\*\*等也是细菌或其产物制成的。

## (一) 细菌的基本特征

1. 细菌的基本形态 细菌的形态有球状、杆状和螺旋状三类,分别称球菌、杆菌和螺旋菌(图 264)。球菌又可分为单球菌、双球菌、链球菌、四叠球菌、八叠球菌以及排列成葡萄串状的葡萄球菌。杆菌有球杆菌、分枝杆菌、棒状杆菌和芽孢杆菌等。在自然界中球菌和杆菌比较多。

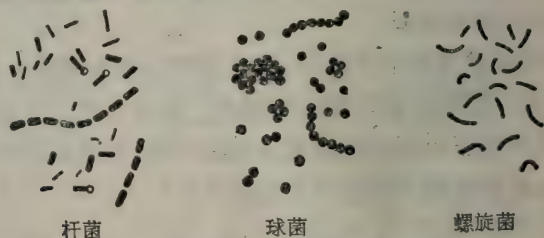


图 264 细菌的三种形态

细菌的细胞很小,一千个左右的细胞连接起来仅米粒大小,一个细菌一般不超过几个微米。但是个体细胞的大小随种类的不同而异。一般球菌的直径为  $0.5 \sim 2$  微米;杆菌的大小差别很大,一般宽为  $0.5 \sim 1$  微米,长为  $1 \sim 5$  微米或更长,通常以  $0.5 \sim 1 \times 1 \sim 5$  微米表示;螺旋菌为  $0.3 \sim 1 \times 1 \sim 5$  微米。

\* 类毒素: 将白喉、破伤风等细菌毒素(产物)加以处理,使之无毒,即成类毒素,可作预防注射用。

\*\* 抗毒素: 以毒素或类毒素注射动物(马),可得含有抗毒素的血清,作为治疗用,亦可增强抵抗力。



米。要注意的是,同一种细菌在不同的条件下,或生长的不同阶段,菌体的大小和形状都会不同。

细菌的体形微小,细胞本身又是无色透明,怎么观察得到呢?通常要制片染色后在显微镜下才能看得清楚。染色的方法有简单染色法、鉴别染色法和特殊染色法等。简单染色法既快速又简便,用来观察细胞的形态;不同的特殊染色法可以观察细菌的特殊构造。

鉴别染色法是用两种不同颜色的染料进行染色的方法。最常用的是革兰氏染色法。采用紫蓝色的结晶紫和红色的沙黄或石炭酸复红进行复合染色。革兰氏染色的简单步骤如下:涂片→固定(微火烘干)→结晶紫染色 1 分钟→水洗→碘液媒染 1 分钟→水洗→95%酒精脱色至酒精不显紫色→水洗→沙黄或石炭酸复红复染 1/2~1 分钟→水洗→干燥→油镜观察。复染后仍呈紫蓝色的细菌称革兰氏阳性细菌;复染后呈红色的称革兰氏阴性细菌。由于不同细菌对革兰氏染色的反应不同,可把它们分为革兰氏阳性(紫蓝色)和阴性(红色)两类。如水稻白叶枯病菌是革兰氏阴性短杆菌,而枯草杆菌则为革兰氏阳性杆菌。

### 染色液的配制

#### 革兰氏染色液

- (1) 1%结晶紫: 1 克结晶紫溶于少量酒精,使结晶紫完全溶解后,再加蒸馏水至 100 毫升。
- (2) 碘液\*: 碘 1 克,碘化钾 2 克,溶于 300 毫升蒸馏水中。
- (3) 95% 酒精。
- (4) 沙黄: 2.5 克沙黄溶于 100 毫升 95% 酒精中,完全溶解后,取 10 毫升加蒸馏水至 100 毫升。

---

\* 碘液: 即媒染剂,亦称路哥尔碘液。

### 石炭酸复红染色液

溶液甲：碱性复红	0.3 克
酒精(95%)	10 毫升
溶液乙：石炭酸	5 克
蒸馏水	95 毫升

混合甲及乙液即成。染伴胞晶体时，不需要稀释。

关于革兰氏染色原理的说法很多，一般认为，结晶紫等碱性染料都可透过革兰氏阳性或阴性细菌的细胞壁使细胞着色，碘液是一种媒染剂，可与染料在细胞内形成分子较大的复合物。革兰氏阴性细菌的细胞壁含有大量的易被酒精溶解的类脂质，因此酒精极易透入细胞内，将染料与碘的复合物洗出，使细胞变成无色；经沙黄复染后呈红色。革兰氏阳性细菌的细胞壁不含能溶于酒精的类脂质，酒精不能透入细胞内进行脱色，所以结晶紫与碘液的复合物不能被酒精洗出，细胞仍呈紫蓝色。

2. 细菌细胞的构造 细菌细胞虽和植物的细胞一样具有细胞壁、细胞膜、细胞质及核等基本构造，但也有所不同。细菌的每一个细胞都能独立生活，进行生命活动，不象动植物的细胞那样结构与功能都有明显的分化，基本结构上也有所区别：首先，细菌细胞的最外层具有与植物细胞一样的细胞壁，但其主要化学成分不同，前者是薄而坚韧且有弹性的粘质化合物；而后者则为较厚而坚硬的纤维素。其次，细菌细胞的核与动植物的不同，没有核膜，也没有固定的形状，而是分散在细胞中的核质体。因此称细菌为原核微生物(图 265)。

有些细菌具有鞭毛、荚膜和芽孢等特殊构造。现分别介绍如下：

(1) 鞭毛：鞭毛是长在菌体表面长而波曲的丝状物，形

如卷发,是细菌的运动器官。例如,伤寒杆菌和痢疾杆菌都是革兰氏阴性短杆菌,形态比较相似,但前者有鞭毛能运动,后者无鞭毛不能运动,这在医疗诊断上有一定的意义。

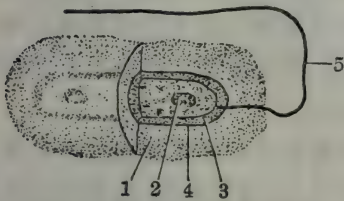


图 265 细菌细胞结构模式图

1.荚膜 2.细胞核 3.细胞膜  
4.细胞壁 5.鞭毛

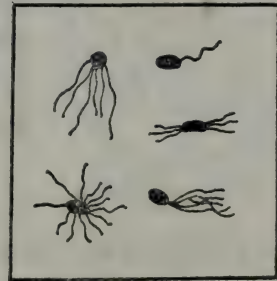


图 266 各种鞭毛细菌

细菌细胞可具鞭毛一根或数根,着生的方式有:极生、端生或周生(图 266)。

(2) 荚膜: 荚膜是细菌细胞壁外面分泌的一种疏松的粘液状物质。有的粘液层很薄,有的很厚如钾细菌(图 267)。用特殊染色法可以看到荚膜,它的主要功能是贮藏养料,堆积代谢废物,当营养缺乏时,可被细菌利用。有荚膜的致病细菌能抵抗白血球的吞噬(吃掉)作用,毒力较强,如肺炎双球菌。

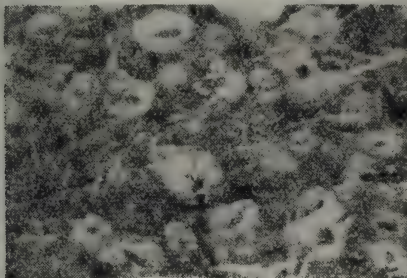


图 267 钾细菌的荚膜

(3) 芽孢：有些细菌如杀螟杆菌等生长到一定阶段，在细菌细胞内形成圆形或椭圆形的芽孢，这种杆菌称芽孢杆菌。

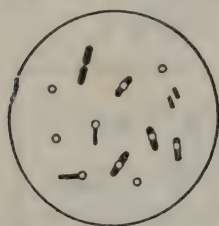


图 268 细菌的芽孢

不同芽孢杆菌菌体内芽孢的大小和地位不同(图 268)。在适宜的条件下发芽成为营养体，每个营养体只产生一个芽孢，所以形成芽孢并不是细菌的繁殖方式。

芽孢有厚而致密的壁，含水量比营养体少，代谢活力低，这是芽孢能抵抗不良环境的基础。一般细菌的营养体在  $100^{\circ}\text{C}$  下煮 10 分钟就被杀死，而芽孢则在  $120^{\circ}\text{C}$  下煮 15 分钟才能杀死。干燥的芽孢经过几十年仍有生活能力，所以在实验室中和生产上，对污染的芽孢杆菌必须十分注意。另一方面，正因芽孢对不良环境具有高度的抵抗力，可以用来保藏菌种。

3. 细菌的繁殖方式 细菌的繁殖以裂殖为主，即由一个母细胞分裂成两个相似的子细胞，所以称细菌为裂殖菌。有的细菌在生长繁殖的各阶段的形态不同，如枯草杆菌(图269)

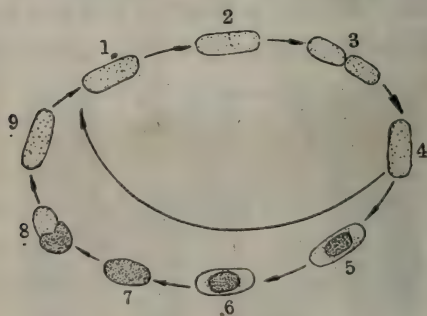


图 269 枯草杆菌的生活史

1~4. 营养细胞分裂繁殖数代，5~9. 芽孢的形成和萌发



和根瘤菌(图 270), 对此必须识别清楚, 否则会误认是杂菌。

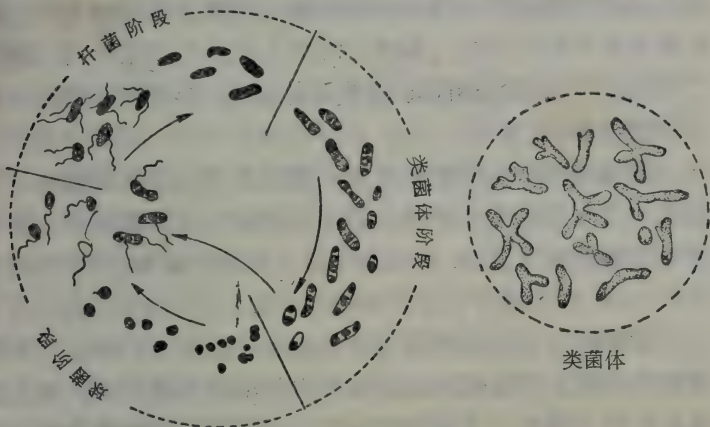


图 270 根瘤菌的形态和生活史

在固体培养基上, 接种某一种菌后, 经过培养, 菌体繁殖而向四周蔓延所形成的肉眼能看到的群体叫做菌落。不同的细菌在固体培养基上形成一定特征的菌落。通常细菌菌落的表面湿润而光滑, 半透明或不透明, 有的具有各种颜色, 有的干燥而有皱纹。例如, 枯草杆菌的菌落是干燥的, 不透明, 乳白色; 杀螟杆菌的菌落灰白色, 无光泽。细菌的菌落一般比较小, 菌体与培养基结合不紧, 用接种针很容易将菌挑起。认识细菌的菌落特征是鉴定细菌和分离纯种的一个指标。

## (二) 常用常见的细菌

细菌的种类很多, 据统计已发现的细菌有一千多种, 其中最重要的是真细菌目。农业上常用常见的有以下几种:

1. 根瘤菌 是一种与豆科植物共生的固氮细菌。它属于真细菌目的根瘤菌科。在人工培养条件下, 细胞呈杆状, 大小

为  $0.5 \sim 1 \times 1 \sim 5$  微米。它们在根瘤中生活主要有三种形态：①在幼小的根瘤中是很小的短杆菌；②随着根瘤的发育，菌体逐渐变大呈环节状，有时一端膨大或分叉成梨形、棒槌形、“T”形或“Y”形等类菌体；③类菌体崩裂，形成很小的短杆菌和球状细菌(图 270)。

根瘤菌侵入豆科植物根部，形成根瘤。侵入初期还不能固氮，只有在根瘤形成并经过一段时间后才开始固氮。豆科植物供给根瘤菌营养，根瘤菌供给豆科植物氮素，两者形成了共生关系，从而提高了豆科植物的产量。

根瘤菌与豆科植物的共生关系有一定的专一性。一种根瘤菌只能侵入与它相应的豆科植物的根部形成根瘤，营共生固氮作用。例如，紫云英根瘤菌只能与紫云英植株共生，豌豆根瘤菌只能与豌豆、蚕豆等共生，大豆根瘤菌只能与大豆、绿豆、刀豆等共生。

人工生产的含根瘤菌的菌肥叫做根瘤菌剂。豆类、绿肥等豆科植物用根瘤菌剂拌种后，其根系结瘤早，结瘤多，促使豆类增产，绿肥鲜草产量增加，从而增加了土壤有机质和氮素的积累，改良了土壤结构，提高了土壤肥力。以根瘤菌剂拌种，用量小、费工少、效果明显，深受贫下中农的欢迎。

2. 磷细菌 许多细菌都可以从核蛋白和磷脂中释放其磷酸成分，使有机磷转化为无机磷，其中以解磷芽孢杆菌和蜡质芽孢杆菌的数量最多，作用最强。它们都属于真细菌目中的芽孢杆菌科。

磷是植物肥料三要素之一，土壤中有效磷一般不能满足农作物丰产的需要。因此，施用磷肥，提高土壤中的有效磷是农业生产中的一个重要问题。据分析，一亩耕地磷素的储藏量约有数百斤之多，如能全部被作物吸收，则可满足上百年

的高产需要。但实际上仅有 1% 左右能为作物吸收利用。以磷细菌制成的菌肥可把土壤中作物不能吸收的无效磷转化为有效磷。

据山东、河北等地试验，磷细菌肥效是明显的。小麦施过磷细菌肥料后，增产多数为 20% 左右，玉米、谷子一般增产 15%，大豆增产 20%，白菜 30%。将磷细菌和纤维素分解菌混合接种堆肥，促进堆肥原材料中纤维素类物质的分解，既加快了堆肥的腐熟，也丰富了有效碳源，有利于磷细菌的发育和转化磷化物的作用，增加堆肥中有效磷的含量。

3. 钾细菌 是芽孢杆菌中的一种长杆菌，名叫胶冻样芽孢杆菌。在幼龄时周身鞭毛，在无氮培养基上细胞外面形成肥厚的荚膜，菌落透明凸起，如玻璃珠一样的光滑明亮。

耕作土壤中钾的含量比氮、磷丰富，但大部分都是以矿物形态，即以长石、云母等铝硅酸盐形态存在，不能被植物直接吸收。钾细菌能分解硅酸盐类，把其中对作物有用的钾逐步释放出来，供作物吸收利用。所以钾细菌又称硅酸盐细菌。钾对碳水化合物转化起重要作用，并参与蛋白质、氨基酸的形成，促进蛋白酶的活性。此外，钾还有坚韧茎秆、抗倒防病的作用。因此，钾肥对作物的丰产有着积极的意义。

钾细菌还能使土壤中无效磷转化为作物能吸收利用的有效磷，能固定空气中少量的游离氮，使之转化为氮肥，是土壤中的“多面手”，它的作用对提高土壤肥力，促进农作物增产，有着重要的意义。

几年来，以钾细菌肥料在三麦、油菜等作物上作基肥或拌种、蘸根，均取得较显著的增产效果。

4. 自生固氮菌 是一种不需要与高等植物共生，而菌体本身就有固氮能力的细菌。属于真细菌目中的固氮菌科。自



生固氮菌在生活周期中分泌到体外的含氮代谢产物以及菌体死亡后的分解产物,都是植物所能利用的氮素营养。另外,还能分泌维生素类和生长素类物质,有促进植物生长的作用。

从土壤中分离的圆褐固氮菌和棕色固氮菌都是优良的固氮菌种,经人工培养后可制成固氮菌肥。在蔬菜上有较明显的增产作用,在马铃薯、高粱等作物上亦有增产效果;对于其他作物的作用还有争论,尚需进一步摸索其生物性能和使用规律。

细菌肥料是用人工方法培养土壤中某些有益的微生物(如上述的磷细菌等)的生物肥料,用以提高土壤肥力,改善作物的营养条件,获得增产的效果。近年来,特别是无产阶级文化大革命以来,广大贫下中农为了夺取农业丰收,积极发展细菌肥料,土法上马,普遍推广。实践证明,合理施用菌肥是一项有效的增产措施,尤其是复合菌肥效果更好。例如,山东省有几个公社在四种作物上进行固氮菌、磷细菌、钾细菌(1:1:10)的复合菌肥试验,结果,氮、磷复合菌肥增产比磷细菌和固氮菌肥单独施用的增产高,氮、磷、钾三种复合菌肥比一般氮、磷复合菌肥增产的幅度大。如果氮、磷、钾复合菌肥与“5406”抗生菌肥或其他激素一起施用,则效果更显著。

5. 杀螟杆菌和青虫菌 都是属于真细菌目的芽孢杆菌科。这一类群的细菌对人、畜和植物无害,而对许多有害的昆虫却有强烈的毒杀能力。因此,已大量制成杀螟杆菌和青虫菌菌粉,作为杀虫剂,供农、林业上使用,收到良好的效果。

杀螟杆菌和青虫菌的菌粉含有芽孢和伴孢晶体(图271),伴孢晶体是由蛋白质组成的毒素。因此,菌粉经害虫口腔进入体内后,能麻痹害虫的肠道,引起瘫痪而停止进食。细菌在害虫体内大量繁殖后,又引起败血症,很快死亡。大田使用,一般



害虫如稻苞虫、菜青虫、小菜蛾、松毛虫等 1~3 天大量死亡。

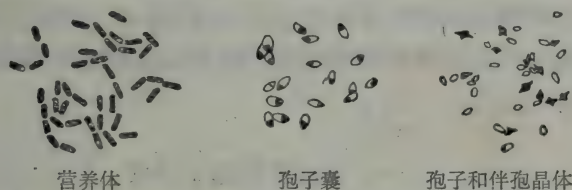


图 271 杀螟杆菌各阶段形态

工业上也广泛地利用各种细菌进行发酵生产。例如,应用梭状芽孢杆菌厌氧发酵生产丙酮丁醇;应用枯草杆菌生产蛋白酶、淀粉酶;应用短杆菌生产谷氨酸和肌苷酸等。

除了上述各种有益的细菌外,某些细菌还是危害人、畜和作物的凶手。例如,葡萄球菌会引起人、畜的组织 and 皮肤发炎化脓;肺炎双球菌引起大叶性肺炎;结核分枝杆菌引起人和家畜的结核病;痢疾杆菌引起人的细菌性痢疾和鸡白痢等。此外,有的细菌还会引起植物病害。例如,黄色杆状细菌引起水稻白叶枯病,白菜软腐菌引起大白菜软腐病。尽管是这样,我们认识微生物后,掌握其致病规律,就能及时采取有效的防治措施,攻克其危害性。

## 二、放 线 菌

在自然界中,放线菌的分布极广,空气、水源、土壤,甚至在动植物机体内也可发现它们的存在。而土壤则是它们居住的主要场所。每克土壤内可含几万至几百万个放线菌;尤其是碱性而富含有机质的土壤中,无论是数量和种类都特别多。土壤所特有的泥腥味,主要是放线菌产生的。

放线菌在工、农、医方面的作用也很大,各种农用和医用的抗菌素大都是由放线菌产生的。同时放线菌还用于生产维

生素 B<sub>12</sub>、蛋白酶等。

少数寄生性放线菌可危害人和动、植物。例如，一些放线菌可使动物的皮肤和肺部患病。常见的马铃薯疮痂病也是由放线菌引起的。

### (一) 放线菌的基本特征

放线菌和细菌一样，也是单细胞微生物，不过它们的基本形态是细丝状的菌丝(图 272)，许多菌丝在一起叫做菌丝体。放线菌是因菌丝体呈放射状而得名的。放线菌的菌丝特征与霉菌相似，但其粗细与普通杆菌的直径相似；内部构造也和细菌相似，没有核膜，也属于原核微生物。它的繁殖是以无性繁殖为主，孢子丝断裂形成大量的分生孢子，繁殖后代，与细菌同属于裂殖菌类。所以放线菌是介于细菌与霉菌之间的一类微生物，一般更接近于细菌。

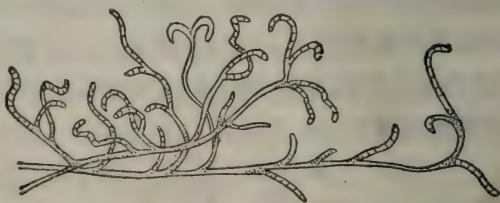


图 272 放线菌的形态

放线菌在固体培养基上生长后，菌丝体分化为两部分：生长到培养基内部吸收营养的称基内菌丝(即营养菌丝)；向空中伸出的叫做气生菌丝(即生殖菌丝)。气生菌丝生长到一定阶段，有一部分菌丝分化为繁殖器官，也叫做孢子丝；孢子丝经过分裂形成一长串白、灰、黄、红、熏草蓝及绿色等丰富色彩的分生孢子，为识别放线菌的重要依据。

放线菌的孢子丝有不同的形状，直线形或螺旋状。它们的着生形式有丛生、互生和轮生三种(图 273)。这些特征比较稳定，在放线菌分类鉴定和菌种筛选时作为重要指标。

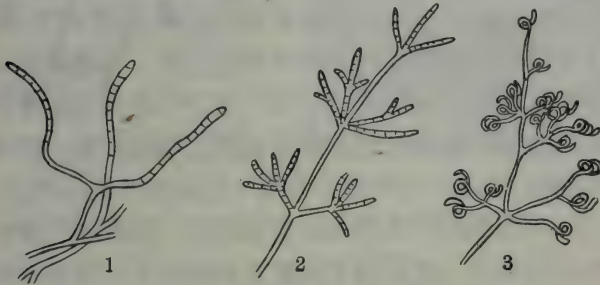


图 273 放线菌的孢子丝  
1、2. 直线形 3. 螺旋状

放线菌的菌落表面呈紧密的丝绒状，坚实多皱，长孢子后就成粉末状。菌落与培养基紧密结合，不易用针挑起。各种放线菌的颜色不同，而且表面和背面的颜色往往也不同。表面是孢子的颜色，背面是营养菌丝和它们所分泌的色素的颜色。这种色素是菌种鉴定的重要依据。如果基内菌丝所产生的色素是水溶性的，就会渗透于菌丝外，使培养基着色。

## (二) 常用常见的放线菌

在放线菌类群中最有代表性的是链霉菌属。上面所列举的一些抗菌素，多数是由这一属产生的。目前链霉菌有 800 种左右，产生的抗菌素约有 1700 种。多数抗菌素是一种由微生物生命活动中产生的能抑制细菌、真菌的生长或使之致死的物质。抗菌素有广谱和窄谱两种。广谱是对革兰氏阳性和阴性细菌以及真菌等多种微生物均有抑制作用；而窄谱则仅能抑制其中的某一类微生物。

目前对链霉菌属的研究比较深入，我国将链霉菌属分为14个类群：即白色类群、黄色类群、球孢类群、粉红孢类群、淡紫灰类群、青色类群、灰灰类群、绿色类群、蓝色类群、灰红紫类群、灰褐类群、金色类群、吸水类群和轮生类群等。其中吸水类群在农业上应用较有前途，已知的如井岗霉素对防治水稻纹枯病有良效。轮生类群产生的抗菌素种类很多。我们熟知的链霉素的产生菌是属于球孢类群。抗结核的利福霉素和“5406”产生菌都是属于粉红孢类群。另外，金色类群与灰褐类群能产生的抗菌素也较多，前者如广谱的土霉素、春雷霉素已广泛应用于农牧业和医疗上；后者产生的抗菌素主要有防治水稻稻瘟病的灭瘟素。根据这些特点和已知的应用效果，对于进一步发掘新的抗菌素，具有一定的指导意义。

除了放线菌以外，细菌和真菌也能产生抗菌素。如多粘芽孢杆菌产生的多粘菌素，能防治伤口感染和治疗烫伤后的假单胞杆菌的侵染。真菌中的担子菌产生抗癌物质很有前途。下面介绍几种工农业生产上常用的链霉菌属菌种。

1. “5406”放线菌 “5406”是原中国农业科学院土壤肥料研究所于1953年在陕西省从苜蓿根际土壤中分离到的菌种，属于链霉菌属中的粉红孢类群的弗氏亚群。在淀粉合成培养基上生长良好，气生菌丝茂密。初期孢子丝呈波状弯曲，后期呈松散的螺旋状；一般为2~4圈，个别多至7圈以上。孢子圆形或椭圆形（图274、275、276）。成熟的“5406”放线菌菌落表面呈粉末状，白而带粉红色。在马铃薯、蔗糖等普通培养基上，5~10天内，在粉白带微红的孢子层表面产生浅茶色小露珠，并放出清凉的香味。“5406”是好气菌，在26~32℃时生长良好。因此，培养菌种和堆制菌肥时，要求调节好温度和通风情况。



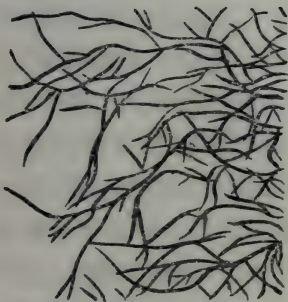


图 274 “5406”抗生素菌  
菌丝体形态

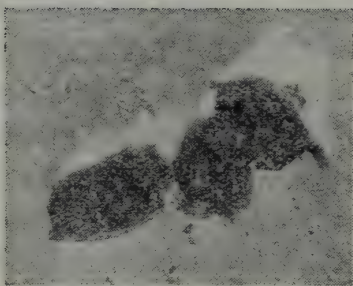


图 275 “5406”抗生素孢子  
(电子显微镜下 $\times 10000$ )

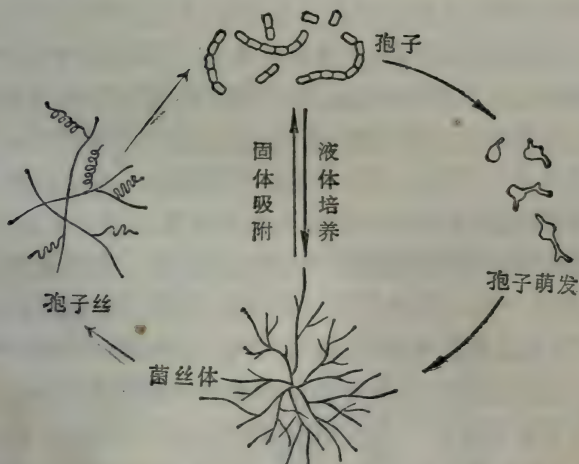


图 276 “5406”抗生素的生活史

用“5406”制成的抗生素肥在各种作物上效果显著，因为它具有一促、二抗、三转化的作用。一促是能产生一种具有促进生长作用的刺激素，能打破马铃薯块茎的休眠，促进各种植物生根、发芽，增加小麦、水稻的分蘖，并使植物的叶绿素变浓，还能减少梨树及棉株的幼果和蕾铃的脱落，在田间使用能

促使稻、麦、棉等多种作物提前成熟。二抗是“5406”抗生素能够产生抗细菌和抗真菌的两种抗菌素，所以具有抗病驱虫的作用。这两种抗菌物质在 pH4~8.5 间均较稳定。其中抗真菌物质对温度也较稳定，而抗细菌的物质则对温度特别敏感，30℃ 下 8 小时，就完全破坏。在菌肥生产过程中，这两种抗菌物质也较容易失效，堆制到第 10 天以后，活性逐渐消失。因此，为了有效地进行防病，必须及时使用新制的菌肥。三转化是“5406”抗生素能转化有机肥料和土壤中的氮素和磷素物质，使变为植物可吸收状态，因此提高了土壤肥力，从而促进了作物的生长。

2. 小金色放线菌(又称春雷霉菌，是春雷霉素的产生菌) 春雷霉素的产生菌是中国科学院微生物研究所分离得到的。孢子丝呈紧密的小螺旋形，密集成丛。孢子呈椭圆形，在葡萄糖天门冬素培养基上气生菌丝白色至微灰，粉状。基内菌丝淡黄至褐黄色，可产生浅黄色可溶性色素。

春雷霉素对稻瘟病有较好的防治作用，它用量低、药效长、无药害，对人、畜、水产等均无毒性。上海川沙县土法生产春雷霉素，大面积使用，效果显著。贫下中农说：“以前打稻瘟病药水，头昏脑胀(对人有毒害)，现在打春雷霉素药水，心情舒畅。”春雷霉素在医学上是治疗绿脓杆菌感染的优良抗菌素。

3. 龟裂链霉菌(土霉素的产生菌) 属于链霉菌属中的金色类群，在葡萄糖琼脂培养基上菌落呈干裂状，因此得名。在生产上简称土霉菌。气生菌丝为淡褐灰色；孢子丝螺旋很多，孢子为短栓形，有黄色色素分泌于培养基内。

土霉素对许多细菌有抑制作用。例如对葡萄球菌，链球菌，肺炎杆菌，绿脓杆菌以及一些大型的病毒，立克次氏体，螺旋体等都有抑制作用，为广谱抗菌素。土霉素比较稳定，因此

适用于口服。临床上主要用于治疗肺炎，葡萄球菌引起的炎症，尿道感染，立克次氏体病。

畜用土霉素能防治畜禽的疾病，降低死亡率，且能促进幼畜生长，增加体重，节约饲料。畜用土霉素较多地用于防治猪病。经试验证明：防治猪白痢病效果良好；对猪气喘病、丹毒、副伤寒等疗效也较好。少量土霉素（占饲料 1~3% 的 1000 单位的土霉素）就能提高牲畜增重率和仔猪的成活率。饲喂成鸡可提高产卵率。稍大剂量（占饲料 5~10% 的 1000 单位的土霉素）对某些常见的畜禽疾病如小猪白痢，炭疽，鸡瘟，马蹄疫，各种败血症肺炎等，都有良好的防治效果。

4. 灰色链霉菌（链霉素的产生菌）属于链霉菌属的球孢类群。在有机或合成培养基上都生长良好。气生菌丝生长茂盛，从主杆生出很密的分枝，直而短，不呈螺旋状。孢子呈椭圆形，数量很多，一般呈灰白、绿黄、乳白等色。

链霉素是临床上重要的抗菌素，对革兰氏阳性和阴性细菌都有抗菌作用，特别是对许多其他抗菌素无法抑制的结核杆菌有很强的抑菌效果。

除链霉菌属以外，近年来其他一些放线菌也逐渐被人们所重视和发掘，如产生庆大霉素的小单孢菌等。

### 三、真 菌

真菌比细菌大，直径约为 2~10 微米。细胞结构也较完整，一般都有明显的细胞核，细胞壁比细菌的厚，不含叶绿素，无根、茎、叶。除少数单细胞外，大多呈分枝或不分枝的菌丝状。通过无性或有性生殖过程产生各种孢子进行繁殖。真菌又分为圆形单细胞的酵母菌和具有丝状菌体的霉菌两类。现分别介绍以下：

## (一) 酵 母 菌

在自然界中，酵母菌主要分布在含糖量高和偏酸性的环境中。在浆果、花蜜、蜜饯及果园的土壤中酵母菌较多。在油田和炼油厂周围的土壤中，则容易找到能利用石油的酵母菌。

酵母菌多数为单细胞，呈卵圆形或圆柱形。直径约为5~6微米，比细菌大得多。酵母细胞具有典型的细胞结构，即有细胞壁，细胞膜，细胞核，液(空)泡，粒线体及各种贮藏物质。

酵母菌主要是通过出芽的方式进行无性繁殖，也有少数则象细菌那样进行裂殖。在一定条件下，有些酵母芽殖后生成的芽体互相连接，并延长成“藕节”状的菌丝体，这种菌丝，叫做假菌丝，如产朊假丝酵母(图 277)。



图 277 产朊假丝酵母

有的酵母(如啤酒酵母)除了芽殖以外，也进行有性繁殖。其方式是：两个异性细胞接合后，形成子囊，其中产生子囊孢子(图 278)。



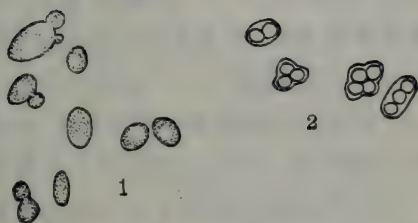


图 278 啤酒酵母  
1.细胞 2.子囊孢子

酵母菌的菌落润湿、粘稠,易被接种环挑起,多数呈乳白色,只有少数呈红色。

酵母菌是人们在生产实践中用得较早的一类微生物,如发馒头和面包,酿制各种酒类饮料及酱油等调味品,酒精发酵,鲜酵母等都是应用啤酒酵母生产的。除了这些用途以外,由于它们的菌体的蛋白质和维生素含量很高,可供食用、药用和作为饲料酵母。产朊假丝酵母的蛋白质和维生素的含量比啤酒酵母还高,有推广应用的前途。

## (二) 霉 菌

霉菌和酵母菌一样,也是人们在实践活动中关系密切、用得最早的一类微生物。例如,我们常可用肉眼看到生长在阴暗潮湿处的呈绒毛状、絮状或丝状的“霉”。在南方,每当雨季时节,这些霉菌更是随处可见,显得使人讨厌。然而勤劳勇敢的我国劳动人民,早在几千年前就知道利用霉菌来酿酒、制酱和治疗疾病。目前霉菌除应用于传统的酿酒、制酱和其他发酵食品外,在近代大规模发酵工业中也起着重要的作用。例如,应用各种霉菌生产柠檬酸、青霉素、灰黄霉素、先锋霉素、淀粉酶、蛋白酶等。在农业生产上,霉菌也被广泛应用于饲料

发酵,制备“702”,生产“九二〇”、白僵菌、鲁保一号等新农药。

霉菌和酵母都是真菌,都具有固定形状的细胞核,称为真核微生物。霉菌又和放线菌一样,有丝状的菌丝。菌丝的宽度一般为2~10微米,比放线菌的菌丝约粗10倍。因此在低倍显微镜下即可观察到。霉菌的菌丝也分为营养菌丝和气生菌丝两部分。在气生菌丝的顶端生有各种分生孢子,孢子成熟后,飞散各处,在适宜的条件下就萌发为新的菌丝体。

有的霉菌菌丝没有横隔,是多核的单细胞,如根霉和毛霉等;有的则有横隔,是单核的多细胞。多数霉菌是属于后一种。菌丝细胞的结构都是由细胞壁、细胞膜和其他内含物组成。细胞核内可见到染色体和核仁。

霉菌在固体培养基上形成干燥而疏松的菌落,某些长得快的菌种(如根霉、毛霉),菌丝往往布满整个培养基的表面而不形成菌落。由于霉菌的分生孢子具有不同的颜色,因此霉菌的菌落也有一定的色泽。菌落的特征可作为鉴别霉菌的重要依据之一。

霉菌的繁殖主要依靠各种孢子。孢子又有无性孢子和有性孢子两种。无性孢子如毛霉和根霉的孢子囊孢子,青霉和曲霉的分生孢子以及白地霉的节孢子等。有性孢子如接合孢子和子囊孢子等。产生大量分生孢子和孢子囊孢子,所以霉菌的生活史包括有性繁殖与无性繁殖(图279)是大多数霉菌的特征。在生产实践中常用无性孢子来接种、选育和保存菌种等。

### (三) 常用常见的真菌

综上所述,真菌与我们日常生活有密切关系,它是一个范围很广的微生物类群,其中许多是工农业上的重要生产菌种(见表12)。

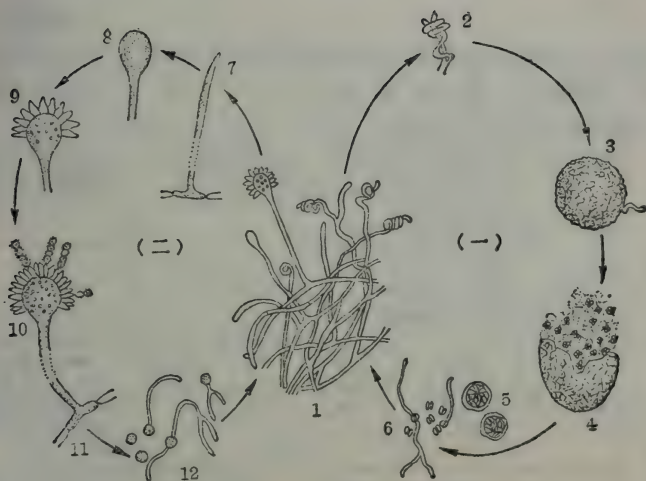


图 279 曲霉的生活史

(一)有性繁殖 (二)无性繁殖

- 1.菌丝体 2.雄器及产囊器 3.闭囊壳 4.闭囊壳破裂 5.子囊及子囊孢子 6.子囊孢子萌发 7~9.分生孢子梗，顶囊，小梗的形成 10.分生孢子头 11.足细胞 12.分生孢子萌发

表 12 常见常用的真菌\*

类别	真菌名称	基 本 特 征	分 布	作用与用途
藻菌	根霉 (面包霉)	菌丝不分隔，单细胞，在培养基表面迅速蔓延，有假根。孢子囊呈黑色，无性繁殖产生孢子囊孢子，有性繁殖产生接合孢子	常长在淀粉质的物品上，如馒头，面包，甘薯等	分解淀粉的能力强，常用于生产糖化酶，制酒与甜酒药，酶类药物的转化等
纲	毛霉 (长毛菌)	与根霉相似，但没有假根	阴暗潮湿处的多种有机基质上	分解淀粉和蛋白质的能力强，用于制造乳腐，食品加工等

\*常见常用真菌的形态见图 280~290。

(续表)

类别	真菌名称	基 本 特 征	分 布	作用与用途
半 知 菌 类	曲 霉	菌丝分隔,多细胞,顶端有膨大的顶囊,上生辐射状的孢子梗,菌落疏松 无性繁殖产生黑、黄、白、绿等色的分生孢子 有性繁殖产生子囊孢子(少数种)	谷物、空气、土壤和各类有机物上	酿酒,制醋,生产柠檬酸,酶制剂及糖化饲料等
	青 霉	菌丝分隔,孢子穗呈扫帚形,菌落由紧密到疏松,一般呈蓝绿色	空气、土壤、各类物品。腐烂的柑桔上更多	青霉素和灰黄霉素的产生菌种,也用于制备核苷酸和发酵饲料
	木 霉	菌丝分隔,蔓延生长,絮状或绒球状的铜绿色菌落。孢子梗顶端有成团的分生孢子	土壤、木材及其他物品上	能分解纤维素和木质素。可作为饲料发酵的菌种
	赤霉菌 (水稻恶苗病菌)	菌丝分隔,分枝茂盛,分生孢子有大小两种,小型的形如镰刀,称镰刀菌。一般呈紫红色	各种有机物,多寄生于植物的病原菌	引起稻苗疯长,产生赤霉素(“九二〇”)
	白地霉	菌丝分隔,裂殖产生节孢子 菌落白色,毛状或粉状	各类有机物如粪便,有机肥料,青贮饲料及土壤中。烂菜上最多	富有蛋白质,脂肪,维生素,核酸,可作饲料并提取“702”
	白僵菌	菌丝分隔,绒毛状,成囊,分叉,可生节孢子,菌落如棉絮状	寄生于松毛虫等140种昆虫的幼虫、蛹及成虫	防治农业、林业害虫,如大豆食心虫、松毛虫等
子囊菌纲	甘薯黑斑病菌	菌丝分隔,分枝,淡褐色,有分生孢子和子囊孢子。菌落棉絮状,绿褐色。培养物具香蕉油或水果香味		引起甘薯黑斑病



(续表)

类别	真菌名称	基本特征	分 布	作用与用途
子囊菌纲	啤酒酵母	圆形、卵形、椭圆形,单细胞,有核 无性繁殖为芽殖, 有性繁殖形成子囊孢子	果园,花蜜,水果	酒精,饲料,食用及药用
担子菌纲	蘑 菇	体形较大,子实体由菌丝和繁殖“器官”担子组成,呈伞形。伞盖下面生着辐射形的菌褶,其上沾着细粉状的孢子	自然界腐殖质中或植物残体上。农村里用马粪、稻草等进行人工培养	子实体与植物的果实相似,美味可食。含有大量的蛋白质、氨基酸、脂肪和维生素等。
	银 耳	担子近球形,担子果纯白色,半透明,由薄而卷曲的瓣片所组成	阴湿之地,阔叶树木上。亦可人工栽培	重要药材之一
	小麦散黑穗病菌	孢子成堆形成在小穗中,破坏花序,变为棕褐色或近黑色,也有少数发生在穗轴或叶片上。孢子圆形,有细刺,常一边光	几乎分布于所有大麦、小麦栽培地区	寄生于大麦、小麦,使之致病

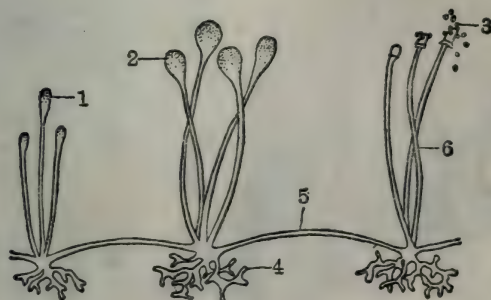


图 280 根 霉

- 1.未成熟的孢子囊 2.成熟的孢子囊 3.孢子囊孢子  
4.假根 5.匍伏菌丝 6.孢子囊柄

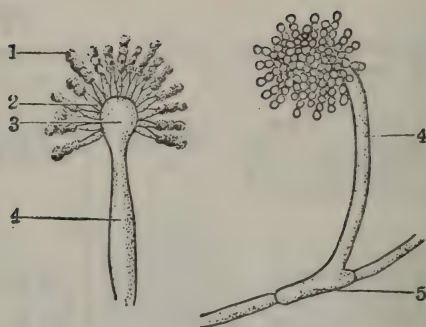


图 281 曲霉

- 1. 分生孢子
- 2. 小梗
- 3. 顶囊
- 4. 分生孢子柄
- 5. 足细胞

图 282 青霉

- 1. 分生孢子
- 2. 小梗
- 3. 分生孢子柄
- 4. 菌丝

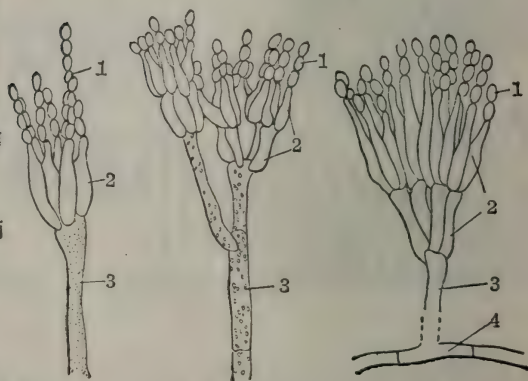


图 283 木霉

- 1. 孢子
- 2. 小梗
- 3. 菌丝

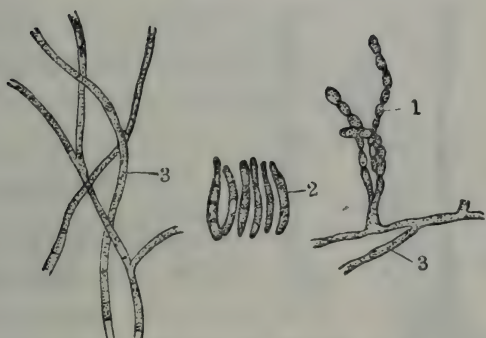


图 284 赤霉菌

1. 小型分生孢子 2. 大型分生孢子 3. 菌丝

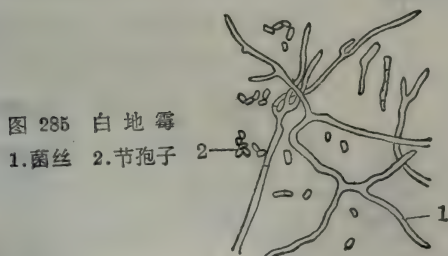


图 285 白地霉

1. 菌丝 2. 节孢子



图 286 白僵菌

1. 菌丝 2. 发芽的孢子  
3. 着生在菌丝上的瓶状体和孢子



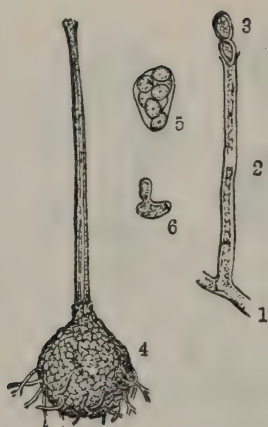


图 287 甘薯黑斑病菌

1. 营养菌丝    2. 分生孢子梗  
3. 分生孢子    4. 具长颈的子囊壳  
5. 子囊    6. 子囊孢子萌发



图 288 蘑 菇

1. 孢子    2. 孢子萌发    3. 菌丝    4. 子实体

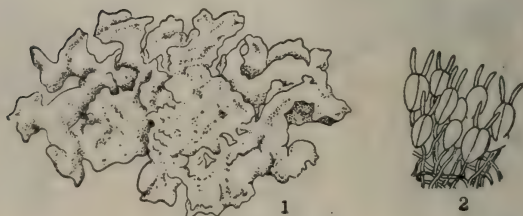


图 289 银 耳

1. 菌体全形    2. 菌丝及担子



同时,在自然界中由于真菌的活动,动植物(特别是植物)的残体分解为植物的养料,使绿色植物得以茂盛起来,给人类的衣食住行提供了条件。这些都是真菌带来的好处。

另一方面,许多真菌又给人类和动植物带来危害。例如,毛癣菌、皮肤癣菌使人生皮肤病。使农作物发生病害的,除上表中所述两种外,还有能引起小麦锈病、棉花枯萎病、玉米黑粉病等的真菌。另外,真菌又是腐蚀或霉烂工业原料和产品的破坏者。有些还是仓库粮食的侵袭者,不仅严重损害了粮食,而且威胁人的健康。

我们必须学会全面地看问题。“在一定的条件下,坏的东西可以引出好的结果,好的东西也可以引出坏的结果。”例如,正是导致水稻恶苗病的赤霉菌,却可用来生产赤霉素(“九二〇”),刺激植物生长。在引起霉腐的真菌中,某些种类又能产生抗菌素,防止腐败变质。

此外,一些体形较大的真菌如美味可口的蘑菇、银耳和作为中药的灵芝等,也都是有价值的产品。各地农村积极开展对大形真菌的人工培养,被采用的种类逐渐增多。扩大了真菌在工农业生产上的应用范围。

“人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进”。让我们不断地从自然界的真菌资源中,发掘出它们的“潜力”,利用它们的有益作用,控制它们的有害作用,



图 290 小麦散黑穗病菌  
1.病穗 2.冬孢子

使真菌更好地为人类服务。

## 四、病 毒

病毒是比细菌更小,没有细胞结构,营严格寄生生活的微生物。在电子显微镜下才能看到。由于整个病毒颗粒主要是核蛋白组成的,核酸包在蛋白质所组成的外壳内,没有完整的酶系统,不能独立进行物质代谢。因此,只有在寄主的活细胞内才能生长繁殖。

凡是有生物存在的地方,几乎都能发现病毒的存在。病毒的种类很多,它们可以寄生于人类、高等动植物、昆虫等体内,引起各种病害。如人的天花、麻疹;禽畜的鸡瘟、猪瘟、口蹄疫、猪气喘;番茄矮缩病、烟草花叶病等。

各种病毒的大小不一,最大的鹦鹉热病毒有270毫微米\*,而最小的口蹄疫病毒仅21毫微米。它们可以通过孔径很小的细菌滤器,称为滤过性病毒。不同病毒的形状也不一样,有球形、长方形、杆状或蝌蚪状等。

许多病毒能引起人和动植物的病害;另外,有的病毒也可以用于生物防治。例如,从桑毛虫体内分离出来的桑毛虫核型多角体病毒,可以用于消灭桑毛虫。

细菌的病毒(即噬菌体):噬菌体是寄生在细菌和放线菌细胞内的病毒。凡是有细菌和放线菌的地方,都有噬菌体存在。噬菌体和其他病毒一样,没有细胞结构,主要是由核酸和蛋白质组成的滤过性病毒。除了通过电子显微镜观察噬菌体(图291)以外,也可以通过培养来证明它的存在。即在固体培养基的平板上接种大量的细菌,如果有噬菌体的话,经培养后在表面长满细菌的平板上会出现一个个空斑,这些空斑表

\* 毫微米: 1毫微米=1/1000微米。

示其中的细菌被噬菌体吃掉(裂解)了。不同的噬菌体所形成的空斑的大小、特征不一样(图 292)。另外,用液体培养基也可以知道是否有噬菌体的存在。即在透明的液体培养基里接种少量的细菌,培养几小时后,细菌生长繁殖而使培养基变混浊,这时再滴加少量噬菌体继续培养,则混浊的培养液逐渐转为澄清,这是细菌被噬菌体吃掉的结果。所以培养液由混浊转为澄清,往往是有噬菌体存在的初步证据。

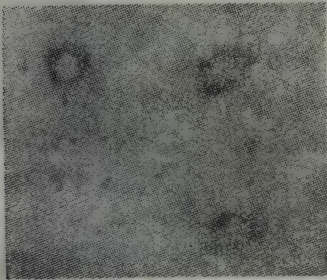


图 291 杀螟杆菌的噬菌体

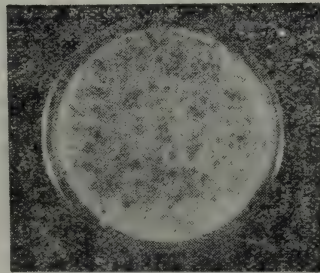


图 292 杀螟杆菌噬菌体的噬菌斑

噬菌体侵染细菌有它的专一性,即一种噬菌体只能侵染某一种细菌的某一个菌株。噬菌体侵入细菌细胞后,就进行生长繁殖,最后把细菌裂解。一般一个细菌裂解后能释放出一百个或更多的噬菌体;这种释放出来的噬菌体又能钻入新的细菌进一步裂解,所以噬菌体对相应细菌的杀伤力是很大的。

在液体发酵工业中如杀螟杆菌、丙酮丁醇、谷氨酸及一些抗菌素生产中,都出现过噬菌体。即在发酵开始时菌体生长良好,后来突然急剧减少,甚至于很难找到它们,同时出现异常的发酵状态,不再累积产物,一般称之为“咽觉”,并往往伴随



出现杂菌,造成倒缸的严重损失。但染上了噬菌体也不可怕,可用调换菌种,筛选抗噬菌体的菌种,并加强设备和环境的消毒等措施,战胜噬菌体的干扰。

生产“5406”抗生素肥时,在斜面菌种扩大繁殖的过程中,发现有的菌株开始在密集的孢子层中出现少数针眼状而边缘整齐的透明斑点,如果是噬菌斑的话,则随着连续传代,斜面上的斑点会越来越密,以致在斜面上一出现菌丝,不久就突然消失。遇到这种情况,为了控制噬菌体的袭击,必须及时进行熏蒸灭菌,以1%漂白粉在室内喷射四壁,并将一切器皿包括感染的斜面进行蒸煮消毒灭菌。同时更换菌种,以保证生产的正常进行。有时出现这样的情况:即斜面上菌丝长不出来,菌苔很薄,或者产生一些不规则的空缺处。这些都是感染噬菌体的可疑现象。如果经传代后,斜面上的这些现象都消失了,菌丝生长恢复原来的性状,说明是由于操作问题或污染了杂菌的缘故。因此,对不同的情况,要作具体的分析研究,才能透过现象看本质,采取相应的措施。

事物总是一分为二的,对有益的微生物要防止噬菌体的侵入,以免遭到损失;另一方面却可以利用噬菌体使相应宿主细胞裂解的这一特性,来治疗由于有害细菌引起的疾病。例如,烧伤的病人往往容易感染绿脓杆菌,严重威胁着生命安全,利用绿脓杆菌噬菌体来吃掉毒菌,可以获得良好的疗效。

从以上所介绍的各大类微生物的基本特征可以看出,它们各具有一定的特点,而又是相互联系的。如细菌和放线菌比较接近,都是裂殖菌、原核微生物;酵母菌和霉菌都是真菌、真核微生物;病毒和噬菌体则属于没有细胞结构的寄生性微生物。现列表比较如下:

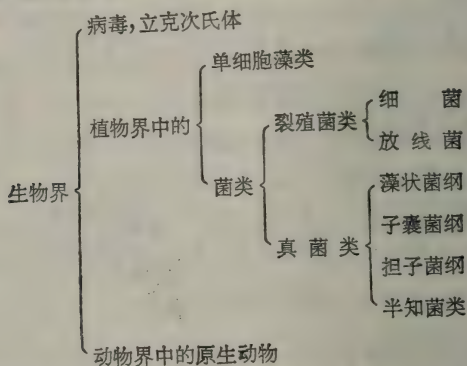


表 13 各类微生物的区别

类 别	菌 落 特 征	个 体 形 态	繁 殖 方 式	生活习性
细 菌	光滑、润湿、半透明或不透明，无色或有色，菌落与培养基结合不紧，易被针挑起	单细胞，球状、杆状、螺旋状，无完整的细胞核	分裂繁殖	腐生或寄生
放线菌	干燥、有皱褶、短绒毛状或粉末状，孢子形成后与培养基结合很紧，难被针挑起	菌体丝状，宽度与细菌直径相似，无分隔，分基内菌丝与气生菌丝，无完整的细胞核	由孢子丝断裂形成孢子	腐生或寄生
酵母菌	菌落特征与细菌相似，但较大而厚，不透明，灰白、乳白或红色	单细胞，比细菌大，圆、卵圆、椭圆或形成假菌丝，细胞核结构完整	以无性繁殖出芽为主，有性繁殖形成子囊孢子	腐生或寄生
霉 菌	菌落大，棉絮状或绒毛状，疏松，有的蔓延不成形，有各种颜色	菌丝分隔或不分隔，宽度与酵母直径相似，有气生菌丝与营养菌丝的分化，细胞核结构完整	无性繁殖以分生孢子或孢子囊孢子进行，有性繁殖有各种方式	腐生或寄生
病 毒	不形成	无细胞结构，杆形、长形、颗粒形、蝌蚪形	核蛋白复制	寄生（人及动植物）
噬菌体（细菌病毒）	不形成，在生长有细菌或放线菌的固体培养基上呈大小不同的空斑	无细胞结构，蝌蚪形、微粒形或纤线形	核蛋白复制	寄生（细菌，放线菌）

从分类系统来说，微生物不属于动物界，即属于植物界，因为它们包括原生动物和单细胞藻类。还有的是既象动物又象植物的中间类型，也有不象动物又不象植物的中间类型如

病毒和立克次氏体。各类微生物各有特征，但它们都是体形微小的低等生物，且从形态结构、繁殖方式、生活习性和分布范围来说，都有一定程度的共同性，它们的培养方法又很相似，所以把它们作为一类生物来研究，是符合实际情况的。但从微生物的营养方式和自养微生物中的光合作用来说，较接近于植物。微生物在生物界中的地位如下：



从进化来说，微生物可能都是从共同祖先演化而来的。其中病毒是最原始的形式，只有核蛋白。但是这不等于是最初发生的生物，因为病毒和噬菌体只能在寄主的细胞中生活，而生物最初发生时不可能有比它更高级的寄主。但是从体质组成和生命活动的简单性来说，病毒是具有最简单的生物性质，是生物的前细胞阶段，可作为原始生命的代表。细菌的生命机构和生命活动都比病毒复杂，而且有自己的酶系统，绝大多数能独立生活，是最简单的生物，是生物发育的细胞阶段。放线菌与细菌接近，但其细胞结构比细菌复杂，细胞呈丝状，分化为基内菌丝和气生菌丝，且开始有营养体和繁殖体的区分，能形成分生孢子。真菌在进化上可说是更高的类型，细胞结构复杂，有的呈多细胞，而且繁殖方式有无性繁殖和有性

繁殖之分,有较复杂的生活史。

## 微生物的培养与灭菌

利用微生物时,必须在纯种而无杂菌的条件下进行培养。培养与灭菌是研究和利用微生物的相辅相成的两个方面,而我们培养微生物又必须了解微生物的营养特点和对营养物质的要求。

### 一、微生物营养的特点

微生物具有一般生物所共有的生命活动规律,但又有它们特殊的地方,比较突出的是微生物营养和代谢的多样性。

微生物细胞构造简单,没有象高等生物那样具有特殊分化的营养器官,而是依靠整个细胞表面直接与周围环境接触来吸收养料;另外,微生物的种类多,各种微生物对营养的要求也不同。例如,有的微生物只要极简单的无机物便能生存;有的则要求复杂的有机营养物质;还有一些微生物需要维生素、氨基酸等才能生长;又有的(如病毒)对营养要求很严格,必须在活的细胞或组织内才能生长。

尽管不同微生物对营养的要求有很大差异,但是它们需要的基本营养,如水、碳源、氮源、无机盐、生长因素和能源等却是一致的。

### 二、微生物的基本营养

微生物的种类很多,在培养时应当给予哪些养料呢?分析微生物细胞成分,可以了解微生物在培养过程中所需要的基本营养与其细胞的主要成分有关。

表 14 微生物细胞的主要成分

细胞成分		化学元素	细 菌	酵 母 菌	霉 菌
水 分		氢、氧	80~85%	75~85%	70~80%
干 物 质	蛋 白 质	碳、氢、氧、氮、硫	80%	40~60%	20~40%
	碳水化合物	碳、氢、氧	4%	25%	20%
	脂 肪	碳、氢、氧	5~7%	4%	4~8%
	灰分元素 (无机盐)	磷、钾、镁、钙、 硫、钠	10%	7~10%	7%

由上表可见，水在微生物细胞中含量很大，从元素来说，碳、氢、氧、氮的含量最多。其中氢、氧主要是水的组成成分，碳、氮则是构成细胞的重要元素。

微生物基本营养的功能除了构成菌体细胞外，还有：1)提供代谢产物的原料；2)提供生命活动所需要的能量；3)调节新陈代谢。那么，微生物的基本营养究竟是哪些物质，又有什么具体的作用呢？

1. 水分 水是微生物细胞的主要成分之一，是最基本的营养要素。各种营养物质必须溶解于水才能被吸收；所有的生物化学反应也必须在水溶液中才能进行；代谢产物的分泌和排泄也需要水；此外，水还可以调节细胞的温度。所以，微生物离开水就不能进行生命活动。

2. 碳源 碳源是构成菌体成分和代谢产物的主要原料。碳源的种类很多：如糖类、醇类、有机酸、蛋白质及其分解产物、脂肪和某些含碳无机物如二氧化碳、碳酸盐等。对微生物



来说,糖类是最好的碳源,其中葡萄糖(单糖)是最容易吸收和利用的,而对乳糖(双糖)则利用缓慢。生产上常用的碳源是各种淀粉质原料,如山芋粉、玉米粉、米糠、麸皮及各种野生植物的淀粉等。糖蜜也是生产上常用的碳源。近年来,发现许多碳氢化合物如天然气和石油等,都能被微生物用作碳源。

**3. 氮源** 氮源是构成微生物细胞中蛋白质和核酸的主要成分,又是代谢产物中的氮素原料。氮源分无机氮(硝酸盐、铵盐和空气中的氮等)和有机氮(蛋白质、蛋白胨、各种氨基酸和尿素等)。生产上常用的酵母菌、霉菌和许多细菌如纤维素分解细菌等能利用铵盐、硝酸盐等无机氮;多数腐败细菌和一些合成能力较弱的致病菌,必须利用蛋白质、蛋白胨或氨基酸等有机氮。凡能利用无机氮的微生物一般也能利用有机氮,而且往往利用率较高。固氮菌和根瘤菌可以利用空气中的分子氮。

生产上常用黄豆饼粉、花生饼粉、棉籽饼粉、玉米浆、鱼粉、蚕蛹粉等作为氮源。

**4. 无机盐类** 磷酸盐、硫酸盐以及含钾、钠、镁等的盐类,称为无机盐。它们是微生物生命活动中不可缺少的物质,是构成菌体的成分之一,特别是磷和硫分别是核酸和蛋白质的必要成分。磷酸盐还具有维持酶的活性、调节酸碱度等作用。除磷和硫以外,其他无机盐的需要量是极少的,常常在其他营养成分中夹杂一点点就足够了。例如,天然水中就含有钙盐和镁盐。东北地区水的硬度高,钙盐、镁盐的含量较高,南方地区水的硬度低,其含量也较低。

有些微生物还需要极微量的硼、锰、锌、钼、铜等。这些微量元素常混杂于其他营养物质和一般的化学试剂中,所以培养微生物时不一定要另外添加。

5. 生长因素 是微生物维持正常生活不可缺少而需要量又不大的有机物质，但只对某些不能合成这些成分的微生物才需要供给。生长因素是辅酶的组成部分，缺少它们酶就不能活动。通常作为碳源、氮源的牛肉膏、麦芽汁、麸皮、米糠等含有丰富的生长因素。因此，在这类培养基中就不需要另外添加生长因素。

6. 能源 是微生物进行生命活动时能量的来源。少数细菌能利用日光辐射的光能作为能源，大多数微生物都必须通过氧化不同的有机物以获得能量。葡萄糖既是碳源又是能源，而蛋白质或氨基酸则往往兼有能源、碳源、氮源三种功能。

### 三、微生物的营养类型

根据微生物对碳源的要求不同可分为自养型和异养型两大类。自养微生物具有各种完备的酶系统，合成能力强，能直接利用空气中的二氧化碳或碳酸盐等无机化合物作为碳源，将这些简单的物质合成它们细胞中的有机成分。非光合的自养菌的能源主要是依靠氧化无机化合物时所产生的能量。自养微生物的独立生活能力强，多数是对农业有益的细菌，如硝化细菌。异养微生物的合成能力较差，只能以有机化合物作为碳源，并利用这些有机物氧化时所产生的能量，进行细胞的合成作用。异养微生物中有的靠分解死亡动植物的残体而生活，叫做腐生菌，包括大多数的细菌、放线菌、酵母菌和霉菌。它们多数是有益的，对自然界的物质转化起很大的作用，很多是工农业上的生产菌，但有的也会引起农作物的腐烂。还有的异养微生物则必须在活的动植物体内才能生活，叫做寄生菌，它们大多数是动植物的病原菌。

表 15 微生物的营养类型

类 型	碳 源		氮 源			能 源	
	无机碳	有机碳	分子氮	无机氮	有机氮	无机物 氧化	有机物 氧化
自 养 型	+	±	±	+	±	+	±
异 养 型	-	+	+	+	+	-	+

注：“+”代表可以利用；“-”代表不可以利用；“±”代表可利用，但非必需

## 四、培 养 基

把微生物所需要的各种营养物质配合在一起，做成微生物的“饭”，这种“饭”就叫做培养基。微生物吃了合“口味”的培养基中的营养物质，就很快长大长胖，并繁殖后代；反之，如果食物缺乏营养，不合“胃口”，就长得又瘦又小。我们应该根据不同微生物的营养特点，结合具体情况，设计、配制和选择适宜的培养基。

### （一）培养基的种类

1. 天然培养基与合成培养基 用天然原料配成的培养基叫做天然培养基。例如：培养细菌的肉汤培养基，培养酵母菌和霉菌的麦芽汁和马铃薯培养基等。天然培养基的营养丰富，来源充足，价格便宜，配制方便，是常用的培养基。

用已知成分的化学药品配制而成的培养基叫做合成培养基，适用于实验室内的定量工作。合成培养基的缺点是：价格昂贵，配制不方便。一般微生物在合成培养基上生长缓慢或不生长，所以常用半合成培养基，即在合成培养基中加入某些

天然物质,如马铃薯蔗糖培养基。

2. 液体培养基与固体培养基 这两种培养基的成分完全相同,一般在液体培养基中加入凝固剂则成固体培养基。最常用的凝固剂是琼脂(又叫洋菜、冻粉),它是一种从海藻中提取出来的多糖物质,不会被一般的微生物分解和利用,它的溶解点约  $100^{\circ}\text{C}$ ,凝固点约  $40^{\circ}\text{C}$ 。通常将固体培养基装在试管制成斜面(图 293),接种后,用来培养和保存菌种;也可以倒

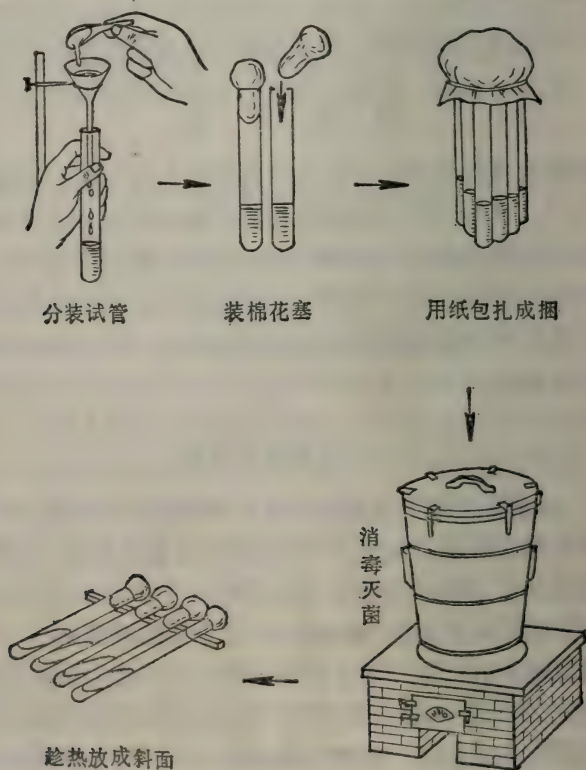


图 293 斜面培养基配制



在培养皿内凝固成平板，用来分离纯化菌种(图 294, 295)。

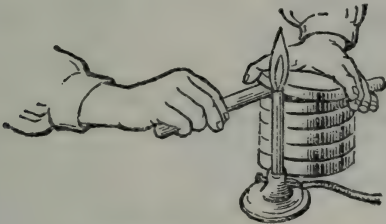


图 294 倒 平 板

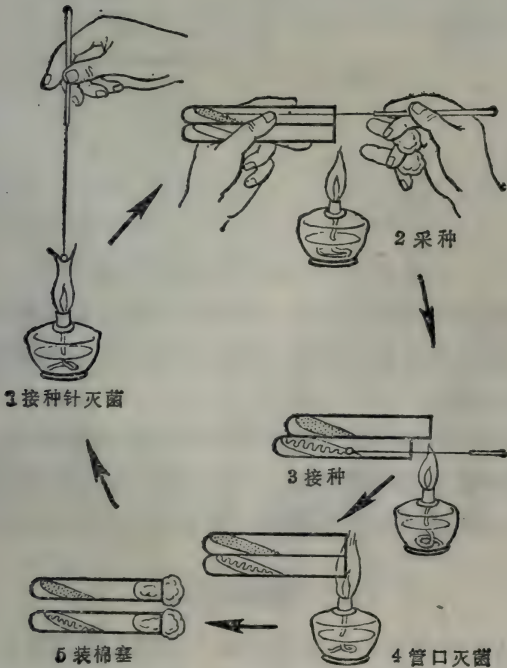


图 295 接 种 方 法

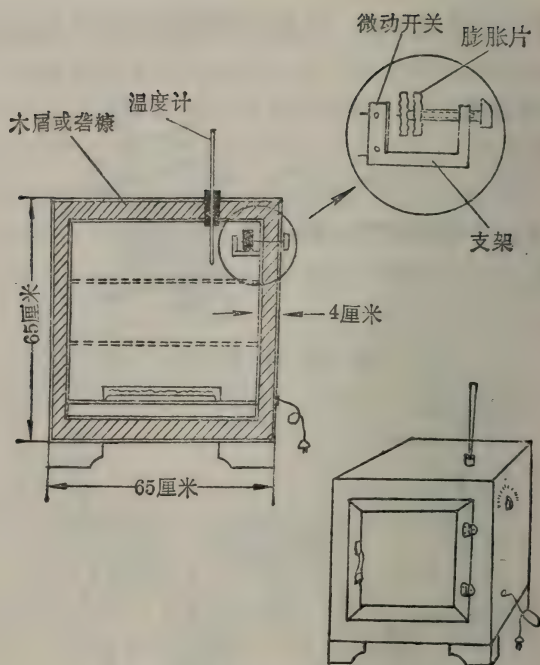


图 296 培养微生物用的简便恒温箱

某些天然原料如马铃薯、胡萝卜等可以切成斜面装在试管里作为固体培养基。麸皮、米糠、大米、小米等常作为生产上的固体培养基。

微生物在液体培养基中可以更好地接触养料, 生长迅速, 常用来观察菌种的培养特征, 检查杂菌, 筛选及培养菌种等。生产上的浅盘发酵和大规模深层发酵都是用液体培养基。

## (二) 培养基的选择

1. 根据微生物的种类来选择 不同类型的微生物所需要的培养基成分不同 (见表 16)。如细菌一般在氮源比较丰

表 16 四类微生物的典型培养基及培养条件

微生物类型	常用培养基名称	最适pH	最适温度(°C)	培养基成分及用量					
				碳源(克)	氮源(克)	无机盐(克)	生长因素	凝固剂(克)	水(毫升)
细菌	自养细菌 (氧化硫、硫杆菌)	3.5~4.0	25~30	空气中的二氧化碳	硫酸铵 0.4	粉状硫 10 硫酸镁 0.5 磷酸二氢钾 4 硫酸亚铁 0.01 氯化钙 0.25	—	—	1000
	异养细菌	7.0~7.2	25~30 或37	牛肉膏 5	蛋白胨 10	氯化钠	牛肉膏中已有	琼脂 20	1000
放线菌	淀粉合成培养基	7.0~7.2	25~30	可溶性淀粉 20	硝酸钾 1	磷酸氢二钾 0.5 硫酸镁 0.5 氯化钠 0.5 硫酸亚铁 0.01	—	琼脂 20	1000
	2号培养基	7.0~7.2	25~30	葡萄糖 10	蛋白胨 5	氯化钠	—	琼脂 20	1000
	土豆浸汁	自然pH	25~30	葡萄糖 20	土豆浸汁	土豆浸汁	土豆浸汁	琼脂 20	1000 土豆浸汁
酵母菌	麦芽汁	自然pH	25~30	麦芽汁 20	麦芽汁 20	麦芽汁 20	麦芽汁 20	琼脂 20	1000 麦芽汁 20 土豆浸汁
	合成培养基	自然pH	25~30	蔗糖 30	硝酸钠 3	磷酸氢二钾 1 氯化钾 0.5 硫酸镁 0.5 硫酸亚铁 0.01	—	琼脂 20	1000
霉菌	土豆浸汁	自然pH	25~30	葡萄糖 20	土豆浸汁	土豆浸汁	土豆浸汁	琼脂 20	1000 土豆浸汁
	麦芽汁	自然pH	25~30	麦芽汁 20	麦芽汁 20	麦芽汁 20	麦芽汁 20	琼脂 20	1000 麦芽汁 20 土豆浸汁

富的肉汤蛋白胨培养基上生长良好。放线菌在淀粉合成培养基上长得好,而二号培养基的氮源丰富,宜于长菌丝体,一号培养基的碳源较多,宜于长孢子。酵母菌和霉菌都是真菌,对培养基的要求相近,需要较多碳源,如麦芽汁和马铃薯培养基,许多霉菌在合成培养基上也生长良好。

各类微生物对酸碱度(pH 值)的要求不同,大多数细菌和放线菌喜欢中性至微碱性的环境,而酵母菌和霉菌则要求偏酸性。一般培养基配制后还得用稀盐酸或氢氧化钠调节 pH 值。有的培养基中含有磷酸氢二钾和磷酸二氢钾,一方面可以作为磷的来源,另一方面对 pH 值的改变有缓冲作用。

2. 根据生产的要求来选择 上述的培养基适用于菌种传代和保存,而生产上则根据产品的要求选用价格低廉,来源丰富,加工方便的粗料。既要考虑到有利于微生物生长,又要保证产品的产量和质量。

因此,根据生产上的要求,我们往往可以将培养基的配方加以改变。例如,筛选纤维素酶的菌种时,培养基中用纤维素作碳源来代替糖质原料。生产淀粉酶时,碳源宜用淀粉,生产蛋白酶时,则氮源要提高些。如果生产的是含碳的产物,则需要较大比例的碳源,如果生产的是菌体细胞(如啤酒酵母、杀螟杆菌等),则需要较多的氮源。

又如过去柠檬酸发酵的培养基比较复杂,用纯淀粉和好几种无机盐,还需要加上大量的黄血盐作促进剂。工人老师傅反复试验,发现生产菌经变异后,对营养的要求改变了,并不需要黄血盐。抓住了这个主要矛盾,简化了培养基成分,只用山芋粉一种粗料,不加任何其他药品和物质,就满足了对氮源、碳源、无机盐等营养的需要,加大风量后,提高了产量,缩短了周期,又保证了质量。



### (三) 培养基的设计

广大工人、贫下中农遵照毛主席关于“备战、备荒、为人民”，“必须把粮食抓紧”的教导，坚持“厉行节约”的原则，在制备培养基时，尽量以粗代精，简化成分，利用废物，就地取材，省粮或不用粮，在设计培养基上作出了不少创造发明。例如，山西酒厂的工人以 60% 的草木灰（又叫泥炭土或黑泥土，质地疏松，有机质含量高，营养丰富，含水量大），30% 麸皮，10% 豆饼粉及微量无机盐，用来固体发酵青虫菌，找到了取之不尽、用之不竭的天然培养基。北京郊区贫下中农用中国槐树的树枝削成斜面，代替了“传统”的斜面培养基。上海郊区的贫下中农在生产实践中，反复摸索，创造出一种“通用”培养基\*，适合于“5406”抗生素、钾细菌、磷细菌、自生固氮菌、庆丰霉菌等多种细菌和放线菌的生长，改变了过去一种菌种配制一种培养基的老框框，具有成本低，便于生产的优点。

我国地大物博，有丰富的野生植物和农副产品的淀粉资源（见表 17），处理后都是良好的碳源原料。广大工人、贫下中农发扬“自力更生”的精神，充分利用这些天然资源，在促进工农业生产上作出了不少的贡献。他们还用来源丰富的蚕蛹粉、螺蛳肉等作为价廉有效的氮源。又以工业生产的下脚废水作为营养丰富的培养基。例如，用酱渣生产蛋白酶，豆腐水生产白地霉，玉米浸泡废水进行深层培养青虫菌等。充分证明“人民群众有无限的创造力”，有力地驳斥了孔老二“上智下愚”的反动谬论。

---

\* 见“5406”抗生素的固体发酵。

表 17 培养基常用原料及农副产品营养成分表(%)

原料名称	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	钙	磷
麸皮	12.1	13.5	3.8	10.4	55.4	4.8	0.22	1.09
马铃薯	68.5	2.6	0.1	0.9	26.7	1.2	0.02	0.02
豆饼	12.1	35.9	6.9	4.6	34.9	5.1	0.27	0.63
花生饼	10.4	43.8	5.7	3.7	30.9	5.5	0.33	0.58
棉籽饼	13.8	16.2	6.5	16.7	42.0	4.8	0.24	0.25
菜籽饼	4.6	33.1	11.4	10.1	29.9	5.9	0.24	2.55
粉渣 (绿豆)	86.0	2.1	0.1	2.8	8.7	0.3	0.06	0.03
玉米芯	8.7	2.0	0.7	28.2	58.4	2.0	0.10	0.03
稻草	12.9	2.9	1.3	22.8	45.1	15.0	0.33	0.17
谷草	14.1	2.6	1.3	37.1	35.8	9.1	0.33	0.66
玉米秆	11.2	3.5	0.8	33.4	42.7	8.4	0.39	微
高粱秆	10.2	3.2	0.5	33.0	48.5	4.6	0.18	微
菜籽秆	10.0	2.1	2.3	46.2	31.5	7.9	0.65	0.02
甘薯藤	11.0	4.7	3.6	26.2	45.2	9.3	1.53	0.01
花生藤	11.6	6.6	1.2	33.2	41.3	6.1	0.91	0.05
米糠	9.0	9.4	15.0	11.0	46.0	9.6	0.08	1.42
高粱糠	12.5	10.9	9.5	3.2	60.3	3.6	0.10	0.84
稻壳	9.0	2.9	1.2	42.7	29.5	14.7	—	—
棉铃壳	14.7	6.1	1.4	35.1	36.8	5.9	1.29	0.11
蚕豆荚	11.2	8.4	1.0	32.8	40.9	5.7	—	—
大豆荚	16.4	5.2	1.1	31.5	38.2	7.6	0.2	0.18
花生壳	10.1	7.7	5.9	59.9	10.4	6.0	1.08	0.07

(续表)

原料名称	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分	钙	磷
槐叶 (嫩)	74.4	7.5	3.3	3.1	4.2	7.5	—	0.01
榆叶	69.4	6.8	1.9	4.1	13.0	4.8	0.97	0.10
蒲公英	84.7	4.5	0.8	2.0	4.9	3.1	—	—
野苋菜	83.6	3.4	0.3	2.5	6.7	3.5	0.52	0.10
马齿苋	82.8	5.5	0.6	0.9	8.1	2.1	1.10	—

## 五、灭 菌

灭菌是用物理或化学的方法杀死或除去环境中一切微生物,包括营养细胞、芽孢和孢子。微生物的生产实践和科学研究都是用纯种培养,不能有任何杂菌存在。因此,对所用的培养基、用具和玻璃器皿都必须进行灭菌。

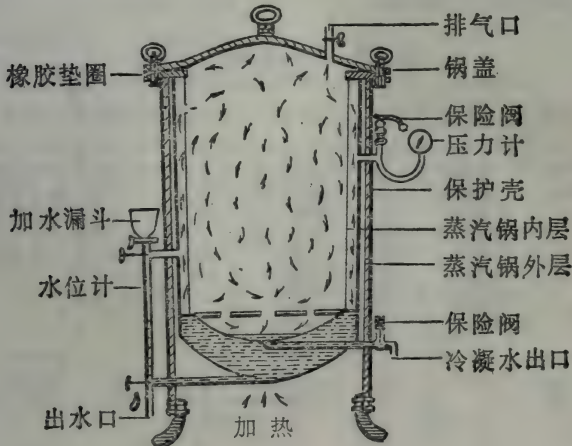


图 297 立式加压蒸汽灭菌锅结构示意图

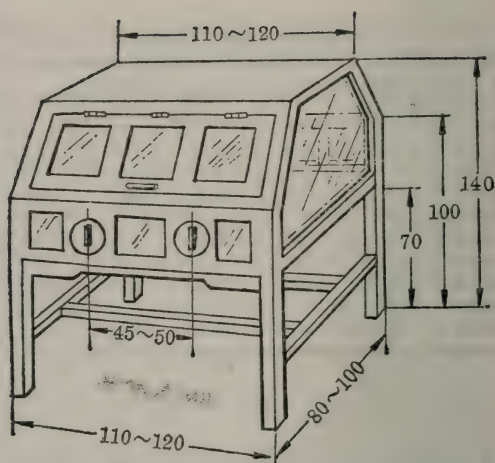


图 298 接种箱(单位:厘米)

不同的矛盾, 要用不同的方法去解决。灭菌也要根据不同的对象, 采用不同的措施。以下两表分别列出常用的物理灭菌法和化学杀菌剂。

表 18 常用的物理灭菌法

物理灭菌法		应用范围	灭菌条件	灭菌的作用	注意事项
加 热 灭 菌 法	干热灭菌法	玻璃器皿, 金属用具等	高热烘箱, 140~160°C, 1小时	使菌体蛋白质凝固, 一般微生物营养体在干燥时, 80~100°C, 1小时; 细菌的芽孢和霉菌的孢子 140°C, 1~2小时杀死	配制好的培养基、橡皮物品等不能用干热灭菌
	火焰灼烧法	接种环, 试管口, 不能用的污染物品或实验动物的尸体等	用火焰直接烧死微生物	直接把微生物烧死, 灭菌彻底	要烧毁物件, 使用范围有限



(续表)

物理灭菌法		应用范围	灭菌条件	灭菌的作用	注意事项
湿热灭菌法	煮沸消毒*法	注射器、解剖用具、毛巾等	水中煮沸10~20分钟	杀死全部营养体和部分芽孢	在水中加1%碳酸钠效果更好
	加压蒸汽灭菌法	各种耐热的物品、培养基、生理盐水、工作服、耐热的药品及玻璃器皿等	加压蒸汽灭菌锅(图297),一般在1公斤/厘米 <sup>2</sup> 维持15~20分钟	蒸汽穿透力强,含水量高,蛋白质凝固快,灭菌效果比干热法高	1. 体积大,含菌量高的物品如砂土等,适当延长灭菌时间 2. 葡萄糖等不耐热的药品,灭菌压力不超过0.5公斤/厘米 <sup>2</sup> ,维持30分钟
	蒸煮灭菌法(间歇灭菌法)	对耐热性较差的物品和培养基,不能用加压蒸汽灭菌,而又要达到杀死全部营养细胞和芽孢时可用此法	隔水蒸锅煮沸,维持20~30分钟后,置于30~37°C一天,使芽孢萌发为营养体,再蒸煮一次,如此三次	每次蒸煮杀死全部营养体,留下部分芽孢,经培养后,变为营养体,一次杀死一部分,三次全部杀死	农村常用蒸笼进行灭菌,从蒸汽猛烈上升算起,2小时,依上法灭菌三次,最后一次续闷3~4小时,待温度自然下降后取出
	低温消毒法	牛奶、果酒、酱油、饮料等不耐高温的食品	水浴锅中60°C, 30分钟	杀死其中的病原菌和大多数细菌的营养体	不宜提高温度或延长时间,以免影响食品原有的营养和风味
其他灭菌法	紫外灯灭菌法	接种箱(图298)、接种室、医院手术室和药厂的药品包扎室等空气灭菌	紫外灯开后30分钟左右	在波长2600埃(1埃= $\frac{1}{10,000}$ 微米)下,细胞内蛋白质、核酸发生变化而引起死亡	紫外线不能透过玻璃,紫外灯开后,必须把窗、门关闭,以免直接照射皮肤和眼睛,引起损伤
	日光直接辐射	凡是不能用以上各种方法进行灭菌的染菌污物如棉被等	曝晒2~3小时,1次或几次,依染菌的污染情况与物件的大小而掌握	日光中的紫外线同样有杀菌作用。一般细菌在紫外线直接辐射下1~2小时就被杀死	体积庞大的东西,可用日照法,如“5406”菌肥堆制过程中,预先把肥土经日光直接辐射1~2天,杀死大部分杂菌,有利于堆制出优质菌肥

\* 消毒: 消毒是杀死物体内外病原微生物,一般是只杀死营养细胞,而不杀死芽孢。灭菌是杀死一切微生物包括营养细胞和芽孢。生产上的消毒实际是灭菌。

表 19 常用的化学杀菌剂

杀菌剂名称	常用浓度	应 用 范 围	作用原理
乳 酸	0.33~1当量	空气消毒(熏蒸)	妨碍正常代谢,使酶失活
食 醋	3~5毫升/米 <sup>3</sup>	空气消毒(熏蒸),可防流感	
石 灰 水	1~3%	粪便消毒	蛋白质脱水,变性
乙 醇 (酒精)	70%	皮肤、体温表及医疗器械的消毒	
石 炭 酸	3~5%	空气消毒(喷雾),吸管、玻璃器皿消毒	破坏细胞膜,蛋白质变性
来 苏 儿	2~5%	皮肤消毒	
新洁尔灭	0.25%	皮肤及不耐热器皿的消毒	
	0.1%	种子消毒	
福尔马林	10%	接种室、厂房空气消毒(熏蒸)	
高锰酸钾	0.1~2%	皮肤、粘膜、饮具、水果等消毒	蛋白质变性
过氧化氢 (双氧水)	3%	伤口消毒	
氯 气	0.2~0.5ppm	自来水或游泳池水消毒	
漂 白 粉	1~5%	洗刷培养室,饮水、粪便的消毒	
升 汞	0.1%	外部消毒,非金属器皿、植物种子等	
硝 酸 银	0.1~1%	细菌杀菌剂,新生儿眼药水	
汞 溴 红 (红药水)	2%	皮肤小伤口消毒	
龙 胆 紫 (紫药水)	2~4%	外用	与细胞中核酸结合

## 微生物的生长与发酵

“马克思主义的哲学认为十分重要的问题,不在于懂得了客观世界的规律性,因而能够解释世界,而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。”我们改造和利用微生物必须掌握微生物的生命活动的规律。

### 一、微生物生长繁殖的规律性

微生物和动植物一样,具有生长繁殖这个生物最重要的生理功能。一个微生物细胞在适宜的条件下,不断地从环境中吸收营养物质,通过新陈代谢,将养料转化为自身的细胞物质,使体积不断增大,这就是生长。一个细胞增大到一定程度,就开始伸长,然后分裂为两个细胞,使细胞的数目增多,这就是繁殖,这两者不能截然分开。对微生物来说,生长是指群体生长包括繁殖。在液体培养基中,每一个菌体接触的环境条件较一致。因此,各个菌体都能比较迅速地生长繁殖。在培养条件不变的情况下,定时取样,计算菌体的数目,可见从开始生长到衰老的整个过程中,微生物细胞的数目和形态以及培养基的成分,都在有规律地变化着。例如,以玉米浸泡废水深层培养青虫菌的过程中,就可看出(图 299):曲线 I 代表菌数的变化。开始阶段菌体数目几乎没有变化,4 小时以后迅速增加,12 小时菌体数目达最高峰,这时青虫菌细胞内开始形成芽孢和伴孢晶体,不过还不十分明显。12~16 小时后,绝大部分菌体都长出明显的芽孢和伴孢晶体,菌体形态趋于整齐。20 小时以后,芽孢和伴孢晶体开始脱落。从这些变化可以看出青虫菌生长过程的几个阶段。反映生长阶段规律性的曲线,

叫做生长曲线。曲线 II、III 代表培养基中总糖和氨基氮的变化。现分别说明如下：

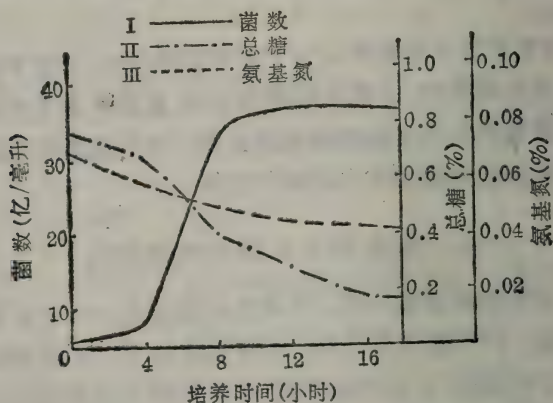


图 299 青虫菌培养中菌数及糖、氮的变化

1. 缓慢期 (又称调整期) 当少量的菌种接到液体培养基中后, 在开始的一段时间内, 细胞的数目几乎不增加, 生长速度近乎零, 叫做调整期。青虫菌接种到新鲜的液体培养基 4 小时以前菌数几乎不增加, 说明菌种接入新的环境要有一个适应的过程。各种菌的调整期的长短不同。生产上常用加大接种量, 或用最适菌龄的健壮菌种进行接种, 以缩短调整期, 提高生长速度。

2. 对数期 (又称生长旺盛期) 细菌的细胞经过一段时期的适应后, 就以最快的速度进行分裂繁殖, 细胞的数目大量增加, 叫做生长旺盛期。这时期的特点是代谢旺盛, 细胞的形态和生理也较一致。从上图看, 4 小时到 8 小时, 青虫菌菌体数目迅速增加, 细胞的体积并不大, 但整齐。同时, 培养基中的糖和氨基氮都消耗得较快, 曲线 II、III 都有下降趋势, 说明



这时生长迅速，代谢作用强。生产上常用对数期的菌体进行接种，以便缩短发酵周期，提高产量，降低成本。

3. 恒定期（又称平衡期） 这阶段的特点是细胞经过对数期的大量繁殖以后，培养基中的养料逐渐被消耗，不利的代谢产物（如二氧化碳、有机酸等）也逐渐增多，细胞繁殖的速度逐渐变慢，死亡细胞逐渐出现，因而表现在一定时期内繁殖速度与死亡速度相平衡的状态。如上图所示，培养基中的总糖和氨基氮的含量显著下降，曲线 I 不再上升，说明这时青虫菌的繁殖与死亡的速度处于平衡状态，大部分菌体长出明显的芽孢和伴孢晶体，菌体趋于整齐。

4. 衰亡期 这阶段细胞死亡的速度超过繁殖速度，活细胞数下降。16 小时后青虫菌菌数下降，18~20 小时形成明显的芽孢和晶体，这正是所要获得的产物，说明是放罐采收的适期。如果采收过早，菌体不整齐不成熟；过迟则芽孢和晶体都脱落，会增加过滤等工序。对于其他不产芽孢的菌来说，衰亡期有细胞自溶现象。如果不是采收菌体，那就要掌握在代谢产物含量达高峰时放罐。

以上是青虫菌的生长曲线，其他细菌和酵母菌也都有反映生长繁殖规律的曲线。放线菌和霉菌的菌体呈菌丝状，在液体培养基中呈絮状，难于计数或称重。如果不停地搅拌培养液，则菌丝也会均匀地分布于培养液中，其生长繁殖的规律也类似于细菌。不过霉菌繁殖慢，调整期要十几小时，放线菌繁殖更慢，调整期就更长。整个生长曲线各阶段的长短不仅随微生物的不同种类而异，而且还受外界条件如营养、温度、通风和 pH 值等的影响。因此，必须根据实际需要合理地调节和控制。

## 二、微生物发酵

### (一) 什么是发酵

在人工控制的条件下，微生物通过本身的新陈代谢的活动，将吸收的各种营养物质进行分解或合成，成为我们所需要的菌体、酶或各种代谢产物等产品，这种生产工艺过程，就叫做发酵。微生物的种类繁多，能在常温常压的不同环境条件下，对不同的物质进行发酵，形成工、农、医上所需要的各种产品。

### (二) 发酵的类型

1. 好气性发酵与厌气性发酵 根据好气性与厌气性微生物的生理特点，可分为好气性发酵与厌气性发酵两种。好气发酵时需要供给空气即通风，例如杀螟杆菌发酵，谷氨酸发酵以及各种抗菌素的发酵，都是好气性发酵；厌气发酵时不需要通风，例如丙酮丁醇发酵、乳酸发酵等。另一类是兼性厌气发酵，例如酵母菌是兼性厌气的微生物，在缺氧（不通风）的情况下，进行厌气发酵，产生酒精；在有氧（大量通风）的条件下，进行好气发酵，产生大量菌体。

2. 固体发酵与液体发酵 根据培养基的状态，可分为固体发酵与液体发酵两类。

固体发酵是将固体物质如薯干、豆饼粉、高粱等经粉碎后与麸皮等混合蒸煮制成的含有一定水份的固体料。如酱油、白酒以及农用抗菌素和菌肥等常用固体发酵进行生产。固体发酵又根据物料堆积的厚薄分为浅盘发酵与通风发酵两种。浅盘发酵是在曲盘（图 300）或芦帘上铺 1~2 厘米厚的固体

培养基,然后接种进行发酵。通风发酵(图 301)是在缸里或水泥槽里设架,放置竹帘,上面铺 1 尺多厚的物料,接种后从下部通风进行发酵。固体发酵在我国有悠久的历史。优点是:设备简单,可以因陋就简,易于土法上马,适合中小城市及农村推广。缺点是:占地面积大,劳动强度大,不便于机械化操作等。

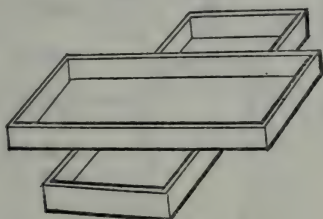


图 300 曲 盘

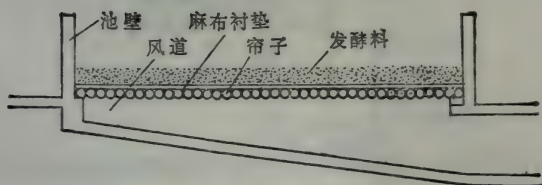


图 301 通风发酵池(曲箱)

液体发酵是将营养物质溶解于水中,便于微生物吸收利用。液体发酵又分为浅盘发酵与深层发酵两种。浅盘发酵又称表面发酵,在采用液体培养基而又缺乏通风设备时,适用于一些生长繁殖快的好气性微生物,如白地霉就可以在浅盘中进行发酵。深层发酵又可根据设备形式分为开口发酵与密封发酵两种。一般开口发酵适用于繁殖快的好气性发酵类型,如酵母菌的菌体生产。密封发酵(图 302)适用于厌氧性发酵,如丙酮丁醇发酵。对好气性发酵而又在密封的容器内进行深层发酵时,则需要通气设备。工业上大规模生产多采用液体

深层发酵。如医用和农用抗菌素、杀螟杆菌、根瘤菌、酶制剂等的发酵。液体发酵的优点是：节约劳动力，降低劳动强度，占地面积小，易于进行自动化控制，生产周期短，有利于产量和质量的提高等，但需要设备条件。

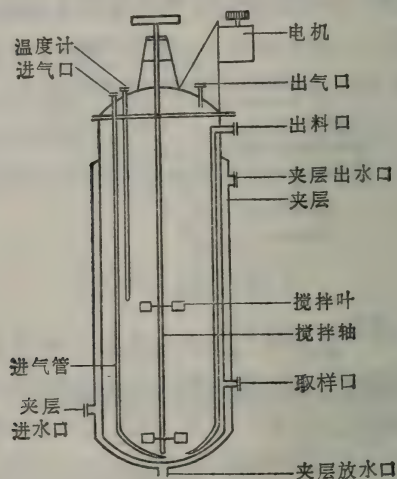


图 302 发 酵 罐

### (三) 发酵的全过程

微生物发酵的产物尽管是多种多样，发酵的方法也很多，但生产全过程不外包括：斜面菌种培养、种子扩大培养、发酵及产品处理等阶段。

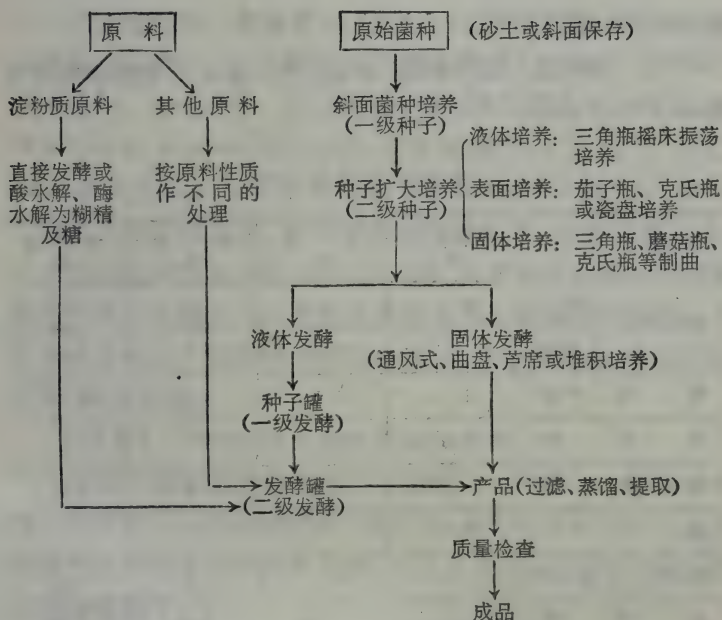
整个发酵过程大致如下图所示(见 383 页)。

下面分别举例说明深层发酵与固体发酵的工艺流程与条件控制。

#### 【例 1】 春雷霉素深层发酵

春雷霉素是农、医两用的水溶性碱性抗菌素。在农业上主





要用于防治稻瘟病,对苗瘟和叶瘟的防治效果可达70~80%。医疗上用于防治革兰氏阳性和阴性细菌的各种感染。现将春雷霉素深层发酵的基本工艺流程,影响因素与条件控制简单介绍如下:

### 1. 基本工艺流程

砂土管→斜面 $\xrightarrow[28^{\circ}\text{C}]{11\sim12\text{天}}$ 种瓶 $\xrightarrow[28^{\circ}\text{C}]{28\sim32\text{小时}}$ 种子罐 $\xrightarrow[28^{\circ}\text{C}]{20\sim24\text{小时}}$ 发酵罐 $\xrightarrow[28^{\circ}\text{C}]{144\sim168\text{小时}}$ 放罐

(1) 菌种: 小金色放线菌, 接种到斜面培养基后,  $28^{\circ}\text{C}$ 下培养 12 天左右, 即可见到斜面上孢子生长丰满, 呈粉灰至粉红色。取出放阴凉处(约  $10^{\circ}\text{C}$  左右), 保存备用。时间以不超

过 45 天为宜。

(2) 培养基: 菌种斜面、种瓶、种子罐以及发酵罐的培养基成分列表如下:

表 20 培养基成分

培养基成分		菌种斜面 %	种 瓶 %	种 子 罐 %	发 酵 罐 %
黄豆饼粉	热榨	1			
	冷榨		1.5	1.5	1.5
葡 萄 糖		1	1.5	1.5	1.5
蛋 白 胨		0.3			
氯 化 钠		0.25	0.3	0.3	0.3
碳 酸 钙		0.2			
磷 酸 二 氢 钾			0.1	0.1	0.1
硫 酸 镁			0.05	0.05	0.05
玉 米 油				1	4
琼 脂		2~2.5			
pH		7.2~7.3	6.5~7.0	自然	自然

## 2. 发酵各阶段的管理

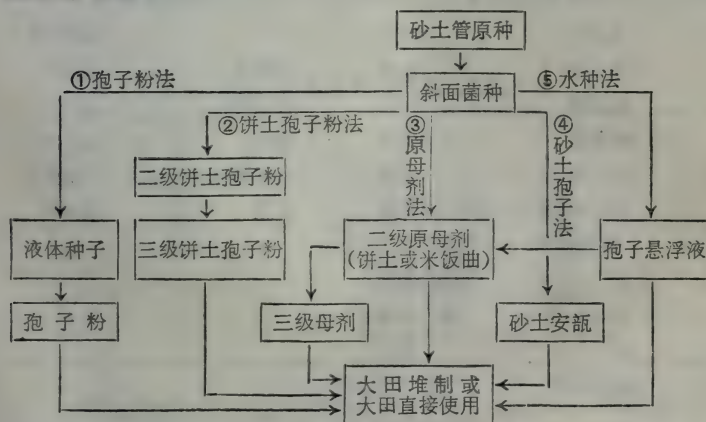
(1) 种瓶培养: 菌种从斜面接种到种瓶后, 在  $28^{\circ}\text{C}$  下振荡培养 28~32 小时。镜检菌丝量多, 长而粗壮, 原生质均匀, 无杂菌, 方可使用。

(2) 种子罐: 接种量约 1% 左右。培养条件为罐温  $28^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ , 通气 1:0.5~0.6, 连续搅拌。种子罐的移种指标是: 当 pH 值上升至 6.8 左右, 镜检菌丝量多而长, 原生质均匀或部分分化, 菌龄约 20~24 小时, 无杂菌即可。

(3) 发酵罐：接种量为 5~10%，泡沫大时可以加少量油消沫。发酵 16 小时左右，pH 值上升至 7.8 以上，即加入玉米浆\* 0.2~0.5%，4 小时后，若 pH 值仍在 7.8 左右，可再加玉米浆 0.2~0.5%，直至 pH 值降到 7.2 以下为止。32 小时大部分菌丝伸长，菌丝量达最高峰，pH 值下降。40 小时菌丝开始形成空泡，春雷霉素也开始生成，效价不断上升。从小空泡至中空泡阶段，效价达高峰，说明春雷霉素是发酵的代谢产物，在菌丝体衰老时才开始生成。放罐的指标是：发酵 144 小时后，发酵液表面无残油，菌丝全为空泡，效价不再上升，即可放罐。

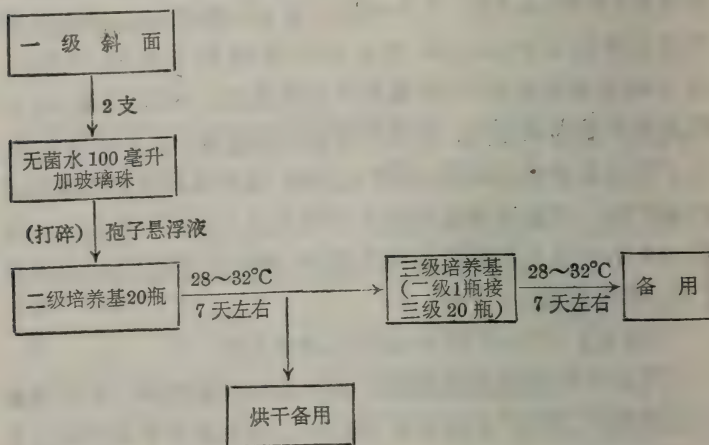
### 【例 2】“5406”抗菌菌肥的固体发酵

“5406”抗菌菌是我国特有的新型微生物肥料，它适合农村土法生产，符合“多快好省”的方针，深受贫下中农欢迎。土法生产技术在实践中不断发展，目前主要有五种生产方法，其流程综合如下：



\* 玉米浆：能代乳酸调节 pH 值，且含有较多量的磷及营养物质；能促使效价提高，降低成本。

饼土孢子粉法是上海郊区普遍使用的一种“5406”菌肥生产方法。其生产流程如下：



## 1. 通用基本培养基配方

一级斜面培养基配方：

马铃薯	250克
葡萄糖	20克
硫酸镁	0.2克
碳酸钙	0.2克
田玉粉	15克
(用 100 毫升水煮开, 过滤后 其汁液加入)	
水	1000毫升
琼脂	18~20克
pH	自然

配制说明：(1) 干土用 12 目过筛。

(2) 石灰用 3.2~3.4 斤水调和后, 取上层清液。

(3) 将石灰水和其他成分拌和后, 最后和干土混合, 装瓶灭菌(压力 1.5 斤/厘米<sup>2</sup>) 1~1.5 小时。

二级、三级培养基配方：

干土	10.5斤
碎米粉	2.8斤
田玉粉	0.3斤
麸皮	0.7斤
白地霉粉	25克
石灰	0.2斤



2. 接种培养 灭菌后取出马上拍松, 接种后再摇匀一次, 培养3天后, 再拍松一次, 就不再摇动, 直至培养结束。如1瓶二级菌种扩大10瓶三级培养基, 可以不拍松。

饼土孢子粉法基本生产原理和原母剂法相同, 但它吸取了原母剂法跟砂土孢子法的优点, 孢子量高于饼土母剂, 用粮较米饭法减少。又因为不做成砂土孢子, 故孢子发菌活力较强。据测定, 几种产品含菌量如下:

饼土母剂法: 200~300 亿/克,

砂土孢子粉: 800~1000 亿/克,

米饭孢子粉: 2000~2500 亿/克,

饼土孢子粉: 1200~1500 亿/克。

3. “5406” 固体发酵的生长特点 固体发酵不象液体发酵那样在生长过程中可以画出一条生长曲线, 但是同样存在着生长不同阶段的趋势。我们如果用“5406”菌在28℃培养条件下菌丝体生长的情况来比较, 就可以反映出下面的过程(表21):

表 21 固体发酵“5406”生长情况

培养天数	生长情况	外 观
1~2	—	无变化
2~3	+	星点状白斑
3~5	++	局部粉白色, 开始有孢子出现
5~6	+++	全部白色, 大量孢子出现

培养2~3天后, 培养基上才见星点状白斑, 说明孢子萌发需要个过程, 菌生长比较慢。这一阶段后, 菌加速生长, 3~5天内, 培养基已局部粉白, 开始有孢子出现。5~6天后,

菌丝大量繁殖,使培养基内外遍布白色,同时有大量粉红色孢子出现。如果我们以获得“5406”孢子为生产目的,这时候就需要适当地控制菌丝进一步繁殖,以便能大量形成孢子。

#### 4. 影响“5406”菌发酵的因素

(1) 水分: “5406”菌生长需要的最适水分是 25%。30% 以上、15% 以下生长显著减弱。培养基调到“手捏成团、触之能散”的程度,恰能符合这种生长要求。水分过多,容易粘结成块,影响通气。水分过少,不能满足菌体对水分的需要,也影响生长。

盐碱地上的硬水,含钙、镁离子多,需煮沸沉淀冷却成为软水后才能使用,或用雨水。

(2) 通气: “5406”菌是好气性放线菌,要求良好的通气条件。装料时不能压实,保温时也要注意通气。取土时尽量选用有团粒结构的肥土。若含砂量过多的土,可加入适量砒糠、木屑、麸皮等疏松剂来改善通气性。

(3) 酸碱度: pH 值在 6.5~8.5 之间,适合“5406”菌的生长。酸度过高,可用石灰(0.3~0.7%)来调整,过碱时,在培养基中掺加过磷酸钙(0.3~1.0%)来调整;提高菌肥质量。化工厂、印染厂、农药厂等工业单位附近及盐碱地上的水,酸碱度波动大,生产中要逐次调整 pH 值,以保证“5406”菌生长良好。

(4) 温度: 在 26~32°C 时,“5406”菌生长最好。32°C 以上、16°C 以下生长逐渐减弱。52°C 以上、12°C 以下几乎停止生长。

为了缩短孢子萌发时间,开始发酵时温度宜高(32°C),以后逐渐下降到 26°C,以利菌丝加速生长及孢子形成。也可加大接种量缩短发酵周期。

超过  $40^{\circ}\text{C}$ ，“5406”菌生长缓慢，而好热性的白色小单孢菌大量繁殖，容易被误认为“5406”菌。小单孢菌没有“5406”菌那样的促生、抗菌、转化养分作用，在  $28^{\circ}\text{C}$  以下很难生长，生产上要严格控制温度，以避免出现这类情况。

(5) 营养：“5406”菌要求较多的碳化物，如淀粉类的大麦粉、马铃薯等，氮化物不宜过高，否则营养菌丝生长肥厚，孢子形成少。“5406”菌还需要一定量的钾、镁、磷等无机元素，这些营养如用 1 份饼肥（棉籽饼、豆饼、花生饼、菜籽饼等）和 10~20 份肥土加水调匀，湿度适合就能满足生长需要。为了使养料充分利用，饼肥必须磨碎与泥土充分掺和。

以上各个因素，与“5406”菌的繁殖、菌肥的生产都有密切关系，它们之间相互影响着。例如湿度大时，通气就不良。因此，生产各种菌剂，必须全面、灵活地掌握各个因素。

#### 5. “5406”抗菌菌肥的质量检查

(1) 肉眼检定：培制好的母剂和菌肥的土粒表面为灰白色，有时显微红色，并在瓶壁可看到褐色露珠。质量好的母剂、菌肥和经过放置一段时间后的砂土孢子，颗粒松散，不成团，不结块，无绒毛状、丝状和絮状物，无馊、酸、霉气味和恶臭味。母剂和菌肥应略有清凉味、颗粒较细的质量好。

(2) 显微镜观察：取表面长满白色孢子粉的母剂或菌肥少许，在清洁的载玻片上观察“5406”的形态特点，可见到在分枝的孢子丝上着生成串的圆形或椭圆形孢子。

(3) 孢子数测定：测定“5406”母剂、砂土孢子或菌肥中的孢子数是从量的方面来鉴定成品，活孢子愈多，施入土壤后菌体繁殖也愈多，所起的作用就愈大。

6. 堆制菌肥的饼粉代用品 饼粉是堆制“5406”菌肥的重要原料。全面推广应用“5406”菌肥，饼粉用量相当大，寻找

合适的代用品是发展菌肥的需要。下面选列几种代用品及其配比,以供参考。

表 22 堆制“5406”菌肥的饼粉代用品

类 别	代 用 料 来 源	成 分 配 比		
		代用料%	饼 粉 %	肥 土 %
饼肥*	蓖麻籽饼、油茶饼、田菁籽粉、胡麻饼、茶籽饼、苍耳饼、山仓子饼	10	—	90
干粪**	猪粪、鸡粪、鸟粪	25	3	72
	马粪、牛粪、羊粪、兔粪	10~30	5	65~85
	蚕屎	10	2	88
绿肥	蚕豆、苕子、紫云英、草木樨、紫花苜蓿、草头、田菁、山黧豆、紫穗槐等茎叶或枯秆 绿萍、水花生、水葫芦	10~20	2~3	77~88
糠麸	米糠、麸皮、下脚粮食	10	—	90
	稻糠	10	3	87
茎叶	大豆秸粉、高粱秸粉、绿豆秸粉、油菜荚粉、玉米秸粉、玉米芯粉、棉花秸粉、新鲜棉花叶、稻草粉、大豆叶、山芋藤、瓜藤	10~20	2~3	77~88
	新鲜槐树叶、榆树叶、下脚桑叶、紫穗槐	10~20	—	80~90

\* 不包括常用的棉籽饼、菜籽饼、豆饼、花生饼等饼肥。

\*\* 干粪中含各类微生物较多,需晒干,粉碎应用。

## 菌种保存与复壮

### 一、菌种保存

微生物的菌种如果保存不当,容易发生变异。因此,优良的菌种必须妥善保存,做到:①保持纯度,不染杂菌;②保持优



良性能,不衰退;③保持活力,不致死亡。

保存菌种的方法很多,以低温、干燥和缺氧为主,目的是使微生物的代谢活动处于不活跃状态。一般多用休眠时期的芽孢或孢子进行保存。常用的保存方法见下表。

表 23 菌种保存的方法及比较

保 存 方 法	适 用 范 围	保 存 时 间
1. 低温保存 将菌种斜面放 4°C 冰箱保存; 或将管口封蜡, 用油纸或塑料纸多层包扎, 放阴凉处, 如深井里, 水缸下或食盐堆中等	各类微生物	细菌 1~2 个月, 酵母菌 3~4 个月, 放线菌、霉菌及有芽孢的细菌半年左右
2. 液体石蜡保存 在生长丰满的菌种斜面上加液体石蜡, 管口封蜡	各类微生物	1 年左右
3. 砂土保存 将细菌的芽孢, 放线菌或霉菌的孢子接种于灭菌的砂土管中, 真空干燥	芽孢杆菌, 放线菌, 霉菌	1~数年
4. 冷冻干燥 用脱脂牛奶与菌体细胞制成悬液, 装于灭菌的小安瓿瓶中, 冷冻真空干燥	各类微生物	10 年左右
5. 固体曲保存 用麸皮、面粉等制成固体物, 接入菌种, 制成曲饼, 风干, 包扎, 放阴凉处保存	产生大量孢子的霉菌	1~数年

## 二、菌种复壮

微生物的菌种经过长期的人工培养和保存, 会引起某些性状的变化, 当一些优良特性变弱或消失, 影响生产时, 称为衰退。常见的菌种衰退现象有:

生活力变弱: 培养后生长缓慢, 典型性状少出现, 如

“5406”放线菌的菌苔变薄，不分泌露珠，不呈红色渐变白色。

**繁殖力不强：**霉菌或放线菌赖以繁殖的孢子生长不整齐或明显减少，甚至不形成孢子。如生产土霉素的龟裂状链丝菌在斜面上多次移植后，就变得孢子很少；生产“九二〇”的菌种，本来属于镰刀状分生孢子的镰刀菌，经人工长期培养后，产生孢子的能力消失了。

**代谢能力降低：**发酵能力降低，代谢产物减少等。如杀螟杆菌的伴孢晶体显著减少，毒力衰退；根瘤菌侵入豆科根部形成根瘤的能力下降等。

菌种的衰退是一种自然发生的变异，它是经过量变到质变逐步发生的，对产品数量和质量会带来不良的影响。因此，必须检查菌种的生产性状，注意防止菌种退化，采取复壮的措施。以下是常用的复壮措施：

1. 纯化分离 由于菌种的衰退总是从个别细胞开始发生变异，以后再影响到整个菌株(群体)性能的衰退。因此，通过单菌落的分离，把保持优良性能的单菌落分离出来，加以选择，迅速扩大繁殖，就可以恢复原来菌株的优良性能。在未发现衰退现象之前，经常采用划线法或稀释平板法(图303、304)，选取单菌落进行菌株纯化，是防止菌种退化的有效措施。

生产上可以用稀释法，直接在斜面上划线(图305)，获得优良的单菌落，繁殖新一代，作为接种的菌种。

所谓优良的菌落，对“5406”来说，应该是氮、磷的转化作用强，产生激素和抗菌素的能力强，但测定这些性能的手续较繁。在农村可根据与它们相关的形态特征作为选择的标准。如菌落大，色素红，生长丰满，露珠分泌较旺，发育迅速，孢子层浓厚等。

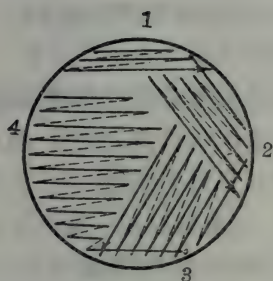


图 303 平板划线



图 304 平板上长出的单菌落

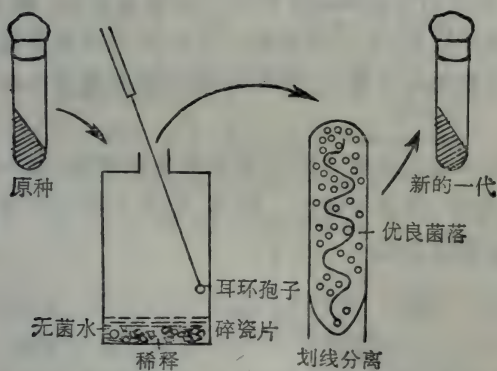


图 305 “5406”分离选种程序

2. 寄主复壮 对寄生性微生物的退化菌株,可通过接种到相应的昆虫或植物寄主体上,来提高菌种的活力和寄生性。

【例 1】杀螟杆菌是一种杀虫剂,长期进行人工培养后,就会使毒力减退,杀虫效率降低。将退化的菌株饲喂健康的幼虫,在  $25^{\circ}\text{C}$  培养 14~20 小时,待虫体发病致死,从尸体内吸取体液分离菌株,反复 4~5 次,可有效地提高其杀虫能力。

【例 2】产生“九二〇”的赤霉菌,经长期人工培养后,产生孢子的能力逐渐减低。可将菌种接种到水稻幼苗,使水稻

感染恶苗病,再从病苗重新分离,即可获得能产生孢子、“九二〇”产量也高的新菌株。

3. 改变培养条件 最常用的是改变营养成分、酸碱度或培养温度。例如,生产“5406”抗生素的细黄放线菌,经多次传代或使用的培养基不适合,菌种只长营养菌丝,不长气生菌丝和孢子,或孢子稀薄,颜色灰黄,不呈粉红色。取两年生的苜蓿根,洗净切片,称400克,加水1000毫升,煮沸约半小时,浸液加入糖和琼脂各20克,制成“5406”复壮培养基。退化的菌种接种在这种培养基上,菌丝长得紧密丰满,孢子层厚,呈粉红色,接种后4~5天即成熟。还可以采用改变培养基的方法,即交换使用马铃薯、大麦粉等培养基来提高“5406”菌种的质量。

4. 控制传代次数 砂土管或菌种的移植以2~3代为宜,移植次数过多,菌种易退化。因此,生产上必须严格控制移植代数,方法见图306。

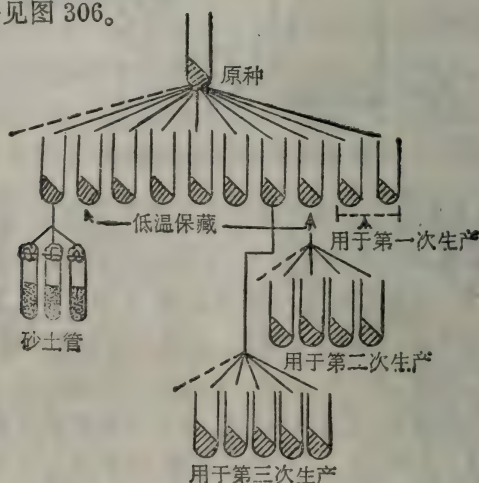


图 306 微生物的移代方法示意图



## 附：显微镜的使用方法

普通光学显微镜是观察微生物和动、植物构造的工具。显微镜的构造可分为光学放大部分和机械调节部分(图 307)。

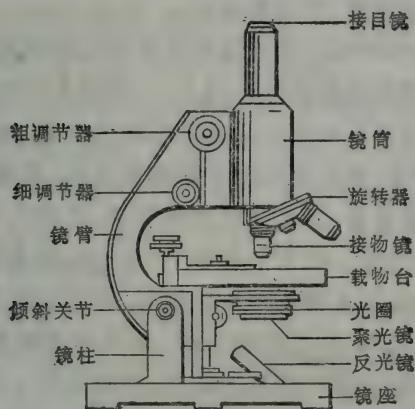


图 307 显微镜的构造

接目镜头、接物镜头、镜筒、集光器、光圈、反光镜属于光学部分。两种镜头上都刻有放大倍数,如  $5\times$ 、 $10\times$ 、 $15\times$ 。

粗调节器、细调节器、旋转器、倾斜关节、载物台、压片夹、镜臂、镜座等,属于机械调节部分。

使用显微镜的具体操作步骤如下:

对光: 先将旋转器上放大倍数最低的一个接物镜(低倍镜头),对准载物台上的通光孔,旋转粗调节器,使接物镜接近载物台(距离应远小于镜头的焦距\*)。将光圈孔径放到最大程度。转动反光镜,让镜面对着光源。用左眼观察,如果圆形

\* 接物镜的焦距因放大倍数不同而不同。一般 $10\times$ 镜头焦距是 16 毫米,  $40\times$  是 4 毫米,  $100\times$ (油镜)是 1.8 毫米。用低倍镜( $10\times$ )时,镜头距载物台约 5 毫米左右,用高倍镜( $40\times$ )时约为 0.5 毫米,用油镜时约为 0.1 毫米。

视野内亮度均匀,没有或明或暗的地方,亮度也不过强(刺目)或过弱,表示已对好了光。如果明暗不均,可扳动反光镜;调节光的强弱,可适当改变光圈的孔径,如果集光器有升降装置,则可升降集光器,加以配合。

调焦:也叫对焦。对焦前先将要进行观察的玻片标本,夹在镜台上(玻片的盖玻片应向上),使玻片中封装的观察材料,正好位于通光孔的正中。左眼观察接目镜,如视野中已可看到模糊的物象,则可直接用手顺时针方向,慢慢旋转粗调节器,使镜头位置下移,或逆时针方向慢旋,使镜头上移,到看到物象轮廓清晰为止。在使用粗调节器对焦,镜头位置下移时,要特别注意防止发生镜头接触到玻片,甚至压破玻片,损坏镜头。为了安全起见,在初次使用时,可先不观察目镜,将接物镜头预先调节到距玻片很低的高度,再在目镜上观察,同时逆时针方向,慢慢旋转粗调节器,让镜头缓慢地上移,如此也可对正焦点,不致发生轧碎玻片的事故。当看到清晰的物象轮廓后,在观察材料的各个细部时,如不清晰,可用细调节器对焦,方法和应用粗调节器一样,不过细调节器绝不可猛旋,旋动幅度也不宜过大,不可一直往同一方向旋转,而应轻轻地不时地正旋或反旋。有时,应用细调节器仍不能得到细部的清晰物象,可能不是焦点未对好,而是对光不够恰当。这时,要调整光圈的大小,并扳动反光镜。对焦是观察的一个基本环节,应当耐心地反复实践,切勿过于急躁。对焦清晰后,记下使用的目镜和物镜放大倍数,这两个数字的乘积,即为观察物象的放大倍数。

如果用低倍镜还不能达到放大的要求,可换用高倍的接物镜。这时,要先将玻片上需要放大的部位,移在视野的中心。然后,转动接物镜旋转器,将高倍的接物镜头,对准通光

孔,再按上述对焦方法,调节焦点,到物象清晰为止。

注意事项:显微镜是一种精密的光学仪器,使用过程中必须妥善保管,防止因使用保管不当,造成损坏。

(1) 搬动显微镜时,要双手平拿,一手握镜臂,一手平托镜座。观察时,要平放,放稳,防止倾倒。

(2) 镜头要防霉,防硬物碰击,防酸碱及化学药物侵蚀。要经常保持干燥、清洁,不用硬布、硬纸、手指去接触镜头,拭擦镜头最好要用擦镜纸,柔软的绒布或白软绸也可代用。

(3) 使用时,一定要严格按对光、对焦的操作步骤,决不应造成轧碎玻片的事故。

(4) 使用完毕后,要把各部分擦洗干净,将镜头旋离对光的通光孔,并将镜筒下放,使两个接物镜头侧面与镜台接触,这样就不会发生在搬动时因镜筒下降,接物镜头与集光器相撞的事故。

## 变异和遗传

不论那一种生物，动物还是植物，高等还是低等，复杂的象人类本身，简单的象细菌和引起感冒的病毒，无不表现出亲代与子代之间的相似或类同，这是生物界普遍存在的遗传现象。同时，在子代和亲代之间，在子代个体之间，总能察觉出不同类型或不同程度的差异，有经验的贫下中农可以在大田作物里选出所要保留的良种，熟练的牧民能够识别羊群中每头羊的特征，这就是生物界普遍存在的变异现象。

变异和遗传是生命的基本特征，两者相反相成，相互转化，没有变异，谈不上遗传，没有遗传，变异就连续不下去。在地球上出现第一个生命以后，生命只能来自生命；在生命漫长的发展过程中，旧的生物种类不断消亡，新的生物种类不断产生。在这过程中，生物本身的变异和遗传构成对立统一的矛盾双方，在外因——周围环境的作用下，成为生物发展的内在依据。因此，可以认为变异和遗传这对矛盾是生物进化的动力，其中变异是绝对的，前进的；遗传是相对的，保守的。但是如果只有变异的一面，没有遗传的一面，那末下一代的生物和上一代的生物就完全不同，稻就不成其为稻，猪也不成其为猪。保守的一面，可以起稳定的作用，使不断变化的生物在一定时期内维持相对稳定，所以稻经过选育，后代还是稻。但是如果只有遗传的一面，没有变异的一面，那就没有前进、发展，就会永远停顿下来了。



## 一、遗传的变异和不遗传的变异

生物的变异就是个体之间的差别。变异既包括形态性状，也包括生理性状。例如，晚稻“农垦 58”和早稻“先锋 1 号”同种在一块田里，可以看出它们在株高、叶片等方面都有差别。又如把水稻“朝阳 1 号”和“农垦 58”同时在春季播种，“朝阳 1 号”在夏天就能正常抽穗，对日照长短要求不严；“农垦 58”却一定要到秋天短日照时才能抽穗。而糯稻和粳稻，那完全是谷粒中淀粉和糊精的分子结构和含量上的差异。

生物的变异有遗传的，也有不遗传的。如小麦“扬麦 1 号”稀植时分蘖较多，密植时分蘖较少；又如水稻“合江 13 号”在东北栽培时是晚稻，上海栽种时，成熟提前，可作早稻。但是在稀播下分蘖较多的“扬麦 1 号”，下年密植时依然分蘖较少，而上海收割的“合江 13 号”到东北种植时，仍是晚稻。这就是说，由于环境条件改变相应地引起的外表变化，不一定能够遗传。

不同品种的鸡，饲养在同一条件下，羽毛的颜色不同，有白色羽毛的，黄褐色羽毛的，芦花斑纹的。白色羽毛的鸡的后代还是白色羽毛的，黄褐色羽毛的鸡的后代依然是黄褐色羽毛的，芦花斑纹的鸡的后代仍旧是芦花斑纹的。这样的变异是遗传的。

不同品种的水稻，在同样的栽培管理条件下，产量有高低，成熟期有早有迟，这样的变异也是遗传的。

但是在自然界中，遗传的变异和不遗传的变异是同时存在的，有时可以表现在同一性状上。例如，一株矮生水稻，如由于亲本是矮生的所引起，那末是遗传的变异，如由于土壤中水肥不足所引起，那末是不遗传的变异，它的后代在良好的土壤

上仍可长成高大的植株。在培育优良品种时，主要是研究遗传的变异及其规律，不遗传的变异没有什么意义；而在作物栽培上，研究的主要是不遗传的变异，目的是使良好的遗传性状能够得到充分的发展。

正确区分遗传的变异和不遗传的变异，在理论上和实践上都有很大的意义。只有正确区分这两类变异，才能得出可靠的遗传规律，在选择中才能得到选择的效果，在品种比较试验中才能正确鉴定品种的优劣。

变异既然有遗传的和遗传的，那末原因究竟在哪里呢？要回答这个问题，需要先谈谈遗传的物质基础。

## 二、遗传的物质基础

遗传物质是什么呢？一种看法是把血液看成遗传物质，认为遗传就是血统，杂种是混血儿，这虽是个古老的观念，但现在还有流传。在现代语言中，有人把血统代表遗传，把血缘和亲缘等同起来。按照这个看法，遗传的物质基础是血液，遗传是两个血统的混和，这是遗传的“合二而一论”。

另一种看法是达尔文提出的。他设想遗传物质是一种“微粒”，生物体各部分产生一些代表性的胚芽，即代表那器官的微粒。这些微粒随着血液循环，汇集在生殖器官里，形成生殖细胞，所以生殖细胞含有身体各部分的性质。由此形成的受精卵，在发育成多细胞生物体时，各微粒就到各有关部分发生作用，因此发育起来的性状就跟前一代的一样。这个假说虽能说明遗传现象，但是不能得到实验的证明，血液里找不到这种微粒。

随后，魏斯曼提出了“种质说”。他把生物体分为种质和体质，认为种质是独立的，连续的，它能够产生后代的种质和体

质，而体质不能产生种质。种质理论提出了遗传上有特殊遗传物质的概念，但它把种质和体质对立起来，把种质孤立化，否定了事物之间的相互联系，所以是形而上学的。

但种质学说在生物学上发生了广泛的影响，激发了科学工作者对遗传物质的研究。通过无数的实验表明，细胞中染色体的作用与性状传递的规律有关，从而推知染色体是遗传物质的载体，这样就形成了遗传的染色体学说。

染色体，以前主要利用光学显微镜在真核类生物的分裂细胞中看到，现在应用电子显微镜可在原核类生物细菌甚至在病毒中看到。

真核类生物的染色体有一着丝点，着丝点的位置相当固定。由于着丝点位置的不同，把染色体分成大致相等或长短不同的两臂。每一染色体包括纵向裂开的两条染色单体，仅在着丝点的地方联在一起。染色体的主要成分是核酸和蛋白质的复合物。

物种不同，细胞内的染色体数一般也不同，但是同一种生物，染色体数目是相对恒定的，每一种生物，包括人类在内，都有一恒定的染色体数。例如，玉米的染色体数是 20，水稻的染色体数是 24，普通小麦的染色体数是 42，猪的染色体数是 38，黄牛的染色体数是 60，人的染色体数是 46（图 308）等。

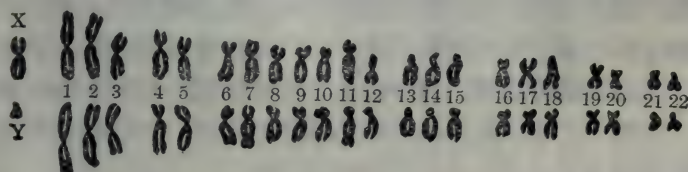


图 308 人的染色体

标有 1~22 的是 22 对常染色体，  
标有 X 和 Y 的是一对性染色体

同一种生物不仅有一定数目的染色体，而且还保持染色体的一定形态和结构。

一般说来，在高等动、植物的体细胞内，染色体数目是偶数，染色体总是成对的，即每个体细胞都具有成对的两套染色体。以甘蓝型油菜为例，两套染色体总数是 38，亦即  $2n=38$ ，每一套具有 19 个染色体 ( $n=19$ )，从两套染色体的来源来看，其中有一套，即 19 个染色体来自父本，具有父本的遗传物质；另一套 19 个染色体来自母本，具有母本的遗传物质。两套 38 个染色体共分为 19 对，其中各对染色体的形态、大小和遗传机能各不相同，以每对而言，又是大体相同。所以把成对的染色体称为同源染色体。

细胞生长和发展到一定阶段时分裂成为新的细胞，这主要是通过有丝分裂来实现的。有丝分裂的结果，每个子细胞都具有原来数目的染色体。进行有性生殖的高等动植物，在个体发育的某个阶段有一种特殊的有丝分裂，叫做减数分裂。即生殖细胞在发育过程中，先进行一般的有丝分裂，到了生殖细胞成熟的时候，进行染色体数减半的“减数分裂”，使每一配子，不论是卵子或精子，只含有原来染色体数的一半。减数分裂的整个过程如图 309 所示。

减数分裂包括一次染色体分裂和两次细胞分裂，具体的差别表现在(图 309)：(1)是刚刚开始分裂的细胞核，表示它有四个染色体，即两对染色体。到(2)，跟普通细胞分裂不同了。普通细胞分裂时，每个染色体分成双股，即两条染色单体；可是在这里，每个染色体并不分成双股，却是同源染色体配对起来了。

以后到(3)的时候，每个染色体才分成双股，一对染色体共成 4 股，多少还连在一起。



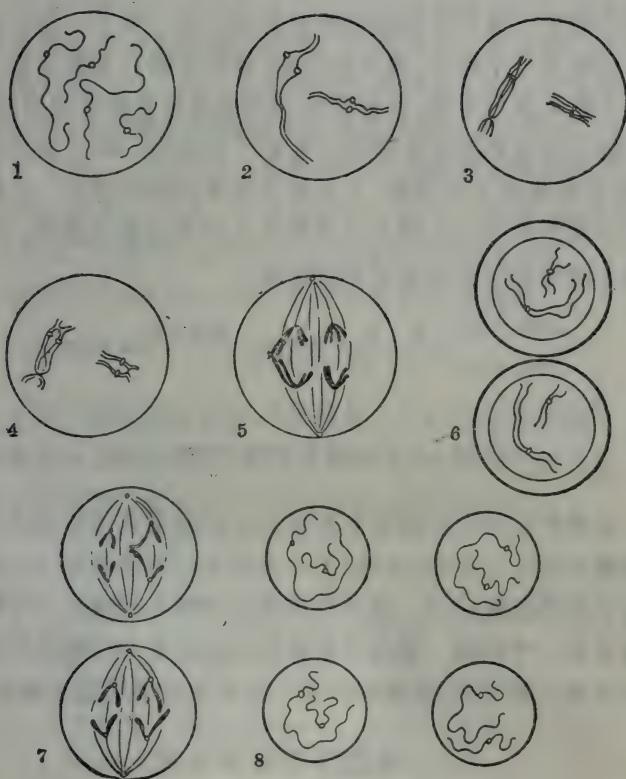


图 309 减数分裂

到(4)和(5)时,又和普通细胞分裂不同,染色体的双股并不分开,却是一对同源染色体中的一个到一端,另一个到另一端。到(6)成为两个子细胞核时,每个子细胞核内并不是四个单股染色体,却是两个双股染色体——这是第一次分裂。

到第二次分裂(7)时,每个双股染色体的双股才拆开;到(8)时,共成四个“子细胞核”,每个子细胞核内只有两个单股染色体。所以,本来一个细胞核中四个染色体,经过这两次特

殊的分裂后，每个子细胞核内只有两个染色体了。每个子细胞核就成为一个配子，每个配子中，染色体数目是减半的。

从染色体角度看，减数分裂与受精过程是相辅相成的，缺一不可完成生物的生活周期。在配子形成时，经过染色体减数，而在雌雄配子结合时，又回复了原来的染色体数。这样以染色体数减半的方法避免了受精时的染色体数的加倍，保证了每个物种的染色体数目的恒定性。

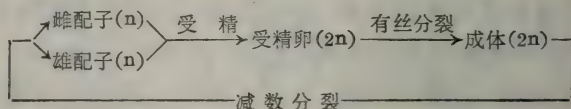


图 310 从染色体角度看动植物的生活周期

生物的生活史在遗传上表现为不断的染色体数减半和加倍的螺旋形上升运动。当然，上一代的染色体遗传给下一代决不是单纯的位置移动，即不是直接地原封不动地从一个细胞转移至另一个细胞。染色体数目的周期性变化，也决不是简单的数量上的变化，而是经历着一系列复杂的代谢过程的。

### 三、染色体的化学性质

近年来，我们已有可能把染色体从细胞核中分离出来，从而对染色体进行化学分析。经过研究发现，染色体不仅形态是复杂的，它的化学成分同样也是复杂的。染色体主要是由蛋白质、脱氧核糖核酸(DNA)和核糖核酸(RNA)这三种物质组成的。

到目前为止，蛋白质还未被证明具有独立的遗传机能，但是，DNA 的复制，RNA 的合成等从来也不能离开蛋白质所构成的各类酶系。

为了确定某一种物质对遗传的决定作用，就必须把这种物质从生物体内分离提纯出来，并要证明，把这种物质放到另一生物体内时，第一个生物体的性状会在第二个生物体中出现，而且这种性状还能稳定地传递给第二个生物体的后代。到目前为止，从高等动、植物体内分离提纯某种物质进行这种试验的例子还极少。但我们相信，经过“实践、认识、再实践、再认识”的途径，总有一天会得到更多的证明的。

现在就让我们来看看在细菌中所做的实验吧。

(一) DNA 转 化

人和动物的肺炎是由一种细菌——肺炎球菌引起的。肺炎球菌有好几个品系，有的是有毒品系，有的是无毒品系。如果把有毒细菌注射到动物体内，动物便感染肺炎(图 311)。若



图 311 活动物体内的转化试验

先用高温将有毒细菌杀死，然后用这种死细菌注射到动物体内，这时，动物不生肺炎；而如果把无毒的细菌和高温杀死的有毒细菌混合在一起给动物注射时，动物就生肺炎，而且检查这种生肺炎的动物体时，会发现一种有毒的细菌。不仅如此，这种细菌通过无数次的细胞分裂，仍能保持毒性。这样看来，高温杀死的有毒细菌，具有能改变无毒细菌为有毒细菌的能力，这是一个遗传性状的改变。这个现象被称为细菌转化。

后来有人不在动物体内，而在试管内做这种转化试验，也成功了。非但杀死的有毒细菌与无毒细菌一起培养，可以把无毒细菌转化成有毒细菌，而且把有毒细菌杀死后，将死的细菌磨碎，提出溶液，滤掉全部细菌，这样的溶液也可把活的无毒细菌转化成有毒细菌。

但是这种溶液中物质种类很多，其中有DNA，有蛋白质，有各种有机物质和无机物质。究竟是一种物质起转化作用，还是一定要几种物质在一起才能起转化作用？结果证明，只有DNA能起转化作用。只要有DNA，一点蛋白质也没有，就能起转化作用。

因此，我们可以提出：遗传基础的化学物质主要是DNA。

## （二）噬菌体（细菌病毒）感染

对噬菌体的研究，也证明DNA是遗传的物质。为了更好地了解实验结果，我们先来描述一下一种典型的细菌和噬菌体。细菌是单细胞有机体，没有明显的细胞核，含有DNA，此外，还含有大量的RNA和蛋白质等。噬菌体是病毒的一种，比细菌还要小得多，用电子显微镜才可以看到。它们只含有蛋白质和DNA，蛋白质构成它们的外被，而DNA藏在它们



的头部中(图 312)。

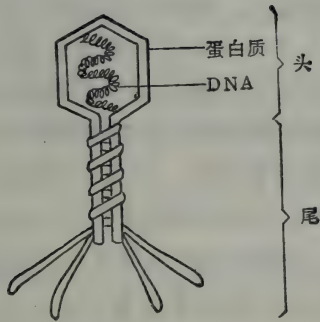


图 312 噬菌体的结构

噬菌体只能在细菌体内繁殖。当一个噬菌体侵染细菌时，它的尾部吸附在菌体上。细菌被侵染后，自身不再繁殖，而在菌体内形成大量的噬菌体，最后细菌细胞裂解，几十个到几百个噬菌体就释放出来(图 313)。

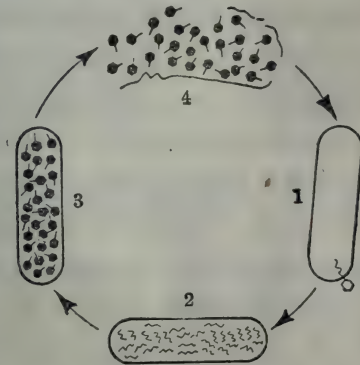


图 313 噬菌体的生活史

1. 噬菌体以尾部吸附在菌体上，噬菌体 DNA 进入菌体
2. 噬菌体 DNA 在菌体内大量复制
3. 噬菌体 DNA 和噬菌体蛋白质结合，形成噬菌体
4. 菌体裂解，噬菌体释放出来

那末噬菌体感染细菌时,进入菌体的是蛋白质还是 DNA 呢? 根据科学实验知道,噬菌体头部的 DNA 进入了菌体,而由蛋白质构成的头部外被和尾部都留在菌体的外面。

噬菌体的 DNA 进入菌体后,细菌体内开始合成噬菌体的 DNA 和噬菌体的蛋白质,最后以噬菌体的 DNA 为核心,在外面包上噬菌体的蛋白质,形成很多跟原来一样的噬菌体而释放出来。这样进入菌体的是 DNA,出来的是跟原来一样的噬菌体。可见,在噬菌体的生活史中,只有 DNA 是连续的物质,所以我们说, DNA 是遗传物质。

除了噬菌体外,到现在为止又发现了许多动植物病毒,都是由蛋白质和 RNA 组成的。例如,杆状的烟草花叶病病毒,它有一蛋白质的外被,环绕着一个 RNA 核心,这种病毒不含有 DNA,约含有 6% 的 RNA 和 94% 的蛋白质。利用化学方法,能够把烟草花叶病病毒的蛋白质和 RNA 分开。如果我们仅用蛋白质注射烟草,烟草不会生花叶病,而如果用 RNA 注射烟草,烟草就会出现花叶病病斑,从病斑可以分离出新的花叶病病毒来,所以在这里, RNA 是主要遗传物质。

以上只能说明核酸(DNA 或 RNA)是联系亲代与子代之间的联结物质,也可称之为遗传物质。但要发挥它在整个遗传过程中的作用,直至各个发育阶段遗传性状的体现,仅仅靠核酸本身,是无能为力的。现代的研究指出,核酸至少必须同蛋白质紧紧配合在一起,才能真正起到遗传物质基础的作用。后面将会提到,任何遗传性状都是通过机体的代谢过程形成的,而代谢的每一环节都需要特定的蛋白质酶去促成。核酸本身的复制和合成,核酸决定蛋白质的特异性以及这种过程的进行,都无不受到一定蛋白质和酶的控制。因此,作为遗传的物质基础,应该包含核酸与蛋白质之间这种不可分割关系

的内容，也就是说，核酸作为遗传物质决定了蛋白质的特异性，而反过来，核酸的合成和作用还必须受蛋白质的控制。

## 四、遗传学的两个基本规律—— 分离规律和独立分配规律

### (一) 分离规律

在性细胞发育过程中，染色体是以一定的形态结构从亲代完整地、彼此相对独立地进入性细胞的。如果染色体确是遗传物质的主要载体，那么在性状传递上，染色体的有规律的行动也应该能反映出来。事实的确是这样的。

从事农牧业的人们，早就开展着杂交工作，来培育优良品种，并且取得了相当大的成就。

为了找出杂种形成与发展的普遍适用的规律，孟德尔做了一些实验。他选择严格自花授粉的豌豆做实验材料，以少数几个容易区分的性状作为研究对象，在每一杂交试验中只观察一个性状或少数几个性状，并记录杂种后代的数目，进行统计分析，从而得出遗传学的两个基本规律——分离规律和独立分配规律。

孟德尔是用豌豆做实验材料的，我们现在改用水稻的例子来加以说明。

水稻中，有粳稻和糯稻之分。粳稻自花授粉，后代都是粳稻；糯稻自花授粉，后代都是糯稻。如我们用粳稻做母本，用糯稻的花粉来杂交，或者用糯稻做母本，用粳稻的花粉来杂交，所结的种子已经是子一代( $F_1$ )了。子一代种子都是粳稻。这杂种粳稻种子种下去，长成子一代植株，抽穗时，套上纸袋，让它们自花授粉，稻穗上结了种子，这是子二代( $F_2$ )。在一个

杂交试验中,得到 316 粒子二代种子,其中 244 粒是粳稻,72 粒是糯稻,很接近 3:1。

在这个试验中,粳稻对糯稻来讲,是个“显性性状”;糯稻对粳稻来讲,是个“隐性性状”。合起来讲,这是一对“相对性状”。子一代全部结粳稻种子,这种现象叫做“显性现象”;子二代中,除粳稻种子外,隐性的糯稻种子又出现了,这糯稻种子跟亲代的糯稻种子是一样的,这种现象称为“分离现象”。

有些人还研究了很多其他性状,情况与上述实验差不多。在子一代中,都可看到显性现象,子二代中也都发生分离。一般显性个体约占 75%,隐性个体约占 25%,也就是说接近于 3:1,看来这是一个规律。

那末为什么都出现 3:1 呢?怎样来说明这个现象呢?孟德尔提出了如下的假说:在每个植株中,每一个相对性状都来源于两个相对的基因,显性性状由显性基因得来,隐性性状由隐性基因得来。显性基因和隐性基因合在一起,称为一对“等位基因”。一般习惯上用不同的拉丁字母来作不同的基因的符号,大写字母代表显性,小写字母代表隐性。例如,在水稻的粳稻和糯稻的杂交试验中,控制粳稻性状的显性基因用 M 来表示,控制糯稻性状的隐性基因用 m 来表示。根据前面的假说,亲代的粳稻植株有成对的粳稻基因 MM,而亲代的糯稻植株有成对的糯稻基因 mm。孟德尔还假设,在产生生殖细胞(配子)时,每个生殖细胞中只能得到这两个基因中的一个。粳稻植株产生的生殖细胞中只有一个粳稻基因 M,糯稻植株产生的生殖细胞中只有一个糯稻基因 m。受精时雌雄细胞结合成合子,两个基因加在一起,成为 Mm,这就是子一代植株。因为 M 对 m 是显性,所以子一代种子都是粳稻。

亲代中,粳稻植株有两个基因 MM,糯稻植株也有两个基



因  $mm$ ，这叫做基因型。基因型是生物体遗传的基础，是肉眼不能看到的，要通过杂交试验才能检定。基因型  $MM$  表现出粳稻，基因型  $mm$  表现出糯稻，这种表现出来的性状叫做表型。表型是肉眼可以看到的，或可用物理和化学方法测定的。不同的基因型有不同的表型，如  $MM$  表现为粳稻， $mm$  表现为糯稻，也有不同基因型有相同表型的，如子一代粳稻的基因型是  $Mm$ ，和亲代粳稻植株  $MM$  的基因型不同。基因型  $MM$  和  $mm$  是由同是两个显性基因或两个隐性基因结合而成，这样的植株就叫做纯合体。子一代植株的基因型是  $Mm$ ，这是由一个显性基因  $M$  和一个隐性基因  $m$  结合而成，这样的植株就叫杂合体。

杂合的子一代植株在产生配子时，每个配子只得到  $Mm$  基因中的一个。这时  $M$  就与  $m$  “分离”，产生两种配子（雌、雄配子都是两种），一种配子有基因  $M$ ，另一种有基因  $m$ ，两种配子的数目相等—— $1:1$ 。

因为雌雄配子有两种，受精时就可有 4 种不同的组合：(1)  $M$  精子与  $M$  卵子结合成  $MM$ ，(2)  $M$  精子与  $m$  卵子结合成  $Mm$ ，(3)  $m$  精子与  $M$  卵子结合成  $mM$ ，(4)  $m$  精子与  $m$  卵子结合成  $mm$ 。前三种组合都表现为粳稻，只有  $mm$  表现为糯稻，所以子二代中粳稻与糯稻的比数为  $3:1$ （图 314）。

假使上面说明的假说是正确的，那末如果用子一代的粳稻植株与亲代的糯稻植株回交，所结的种子应该怎样呢？按照假说，子一代的基因型为  $Mm$ ，应该产生  $M$  和  $m$  两类数目相等的配子；糯稻亲本的基因型为  $mm$ ，只产生  $m$  一种配子。所以子一代粳稻植株与亲代糯稻植株回交，穗上所结的种子应该一半是粳稻，一半是糯稻。实验的结果与所预期的完全符合（图 315）。

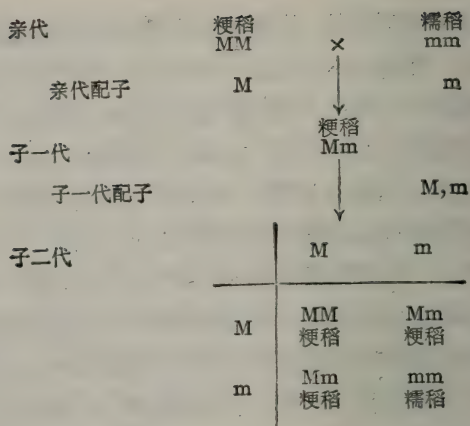


图 314 水稻的粳稻与糯稻的遗传

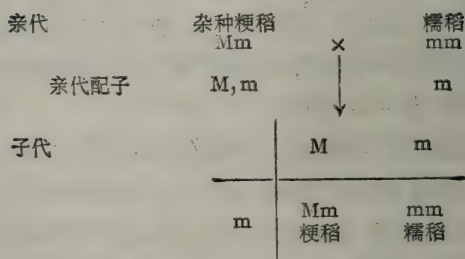


图 315 杂种粳稻与糯稻的回交试验

根据以上的试验和验证,就建立了“分离规律”:一对基因在纯合状态下并不相互影响,相互沾染,而在配子形成时又按原样分离到不同的配子中去。在一般情况下,配子分离比是 1:1,子二代基因型分离比是 1:2:1,子二代表型分离比是 3:1。分离出来的隐性纯合体和原来隐性亲本在表型上是一样的,隐性基因并不因为曾与显性基因处于同一个体内而改变它的性质。一对基因的分离规律是遗传学上最基本的规律。

有许多实验证明这种分离是存在的，就以水稻来说吧，通过多年来的试验，已经发现有些性状的遗传在具体材料中是属于单因子遗传的。现把水稻上曾得到过属于单因子遗传的一些性状汇总为下表(表 24)。

表 24 水稻中一些属于单因子的特征和特性的遗传分离规律

形 态 性 状	F <sub>1</sub> 显 性 性 状	F <sub>2</sub> 分 离 情 况	
		3/4	1/4
株 高	高	高	矮
芒	有	有	无
谷 壳	光	光	毛
稻 米 形 状	短	短	长
米 色	紫红	紫红	白
叶 片 色 素	紫红	紫红	无
倒 伏 性	倒	倒	不倒
开 花 期	早	早	迟
米 香	香	香	不香
落 粒 性	不落	不落	落
稻瘟病抗性	不抗	不抗	抗
胡麻斑病抗性	抗	抗	不抗
茎腐病抗性	不抗	不抗	抗

但是必须指出，一对相对性状的杂种子一代中，其回交后代分离成 1:1 的比例，自交后代分离成 3:1 的比例，这些比例的实现是有条件的，这些条件是：

- (1) 两个亲本都是纯合的二倍体；
- (2) 所研究的相对性状是受一对基因控制的；

- (3) 相对基因具有完全显性的作用;
- (4) 全部配子能够良好发育;
- (5) 杂种后代都处于大致相同的环境下。

但是,显性表现不完全,甚至完全不出现显性现象的事例也很多。例如,萝卜的块根有长形的,有圆形的,也有椭圆形的。长形萝卜的后代都是长形的,圆形萝卜的后代都是圆形的。如果把长形萝卜和圆形萝卜杂交,子一代都是椭圆形的,性状在两亲之间。子一代自交,得到子二代,其中  $1/4$  的块根是长形的,  $2/4$  的块根是椭圆形的,还有  $1/4$  的块根是圆形的,这表明在这里只牵涉到一对基因的遗传,而椭圆形萝卜是杂合体。现在为了清楚起见,把萝卜块根的遗传方式,加上它们的相应的基因型,用图式表示如下:

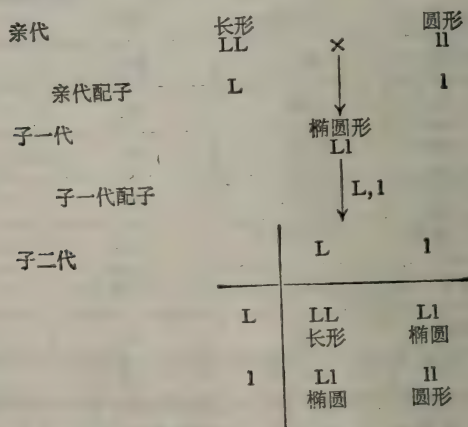


图 316 萝卜块根形状的遗传

由此可见,在呈不完全显性的场合下,子二代的表型中,纯合体(如 LL、ll)和杂合体(Ll)是能区别的。类似这样的例子是很多的。



显性基因所控制的性状能否表现出来，与性状发育的外在和内在条件有密切关系。例如，玉米中有一个品系，叫做太阳红。在田里，这个品系的植株的叶子、穗和其他受到阳光照射的部分都呈现红色。根据杂交试验，太阳红性状是受一对基因控制的，它一般表现为显性，但是必须在阳光照射下才能表现出来。如果不使接触阳光，这种太阳红性状就成为隐性。又例如，有角绵羊品种的雌雄两性都有角；另一个品种的雌雄两性都无角。这一对性状是由一对基因控制的。有角(HH) × 无角(hh)，子一代的公羊都有角，而母羊都无角，但它们的基因型同样都是(Hh)，这就说明同一基因H在不同的生理环境中表现不同，它在雄性个体是显性，在雌体中只是隐性。

所以我们说，性状的发育和表现(表型)，不仅需要一定的遗传基础(基因型)，而且需要一定的发育条件，表型只是基因型与环境综合作用的结果。一般认为分离法则是生物界普遍存在的规律。因此，认识与掌握这一规律，对于遗传研究、育种工作和生产实践都具有十分重要的意义。在遗传学研究中必须重视表型与遗传型(基因型)之间的联系和区别。应选用纯合体作为实验研究的材料，只有这样才能正确地分析试验结果，做出可靠的结论。从分离法则也表明了，杂种后代在自交过程中会不断地分离和纯化，在杂交育种工作中，除需要适当选配纯合体亲本品种杂交外，还需要在杂种后代进行自交(甚至回交)和选择，以加速后代个体间的分离和优良株系的纯合化。例如，已知有些水稻品种的矮秆和高秆是受一对基因制约的，矮秆为隐性，于是可以预测在子二代将会分离出 1/4 的矮秆植株，而且一旦选得这类矮秆植株后，矮秆性状将会得到稳定；又如稻瘟病在水稻的病害中是比较严重的，根据杂交试验的结果，知道水稻对稻瘟病的抗病性和感病性是一对相

对性状,有显隐性关系。在子二代,容易得到抗病植株。

但是对稻瘟病的抗性是显性,抗病植株大多为杂合体,后代仍然要分离出不抗病的植株,必须通过自交和进一步选择,才能从中选出抗性稳定的优良株系。再则从分离法则也得到启示。考虑到配子为单倍体,因此杂种产生的花粉,在遗传组成上不会是杂合的。近年来,对小麦、烟草、油菜等不少作物已成功地用花粉培育出单倍体植株。杂种花粉的单倍体植株一经加倍,即成纯合体,从而避免了分离,为缩短育种年限,加速选育优良品种和自交系,开辟了有利的途径。

## (二) 独立分配规律

在阐述单因子(基因)分离规律时,我们把注意力只集中在一对相对性状上。但在杂交育种实际中,往往是两个亲本品种各具有良好性状。例如,一个为矮秆粳性水稻品种,另一个为高秆糯性品种等等。希望在杂交后代中能把这两个不对应的性状组合在一起,成为矮秆糯性类型。这就是两对(或更多对)性状之间的关系问题。

孟德尔在研究分离法则的同时,同样以豌豆为材料进行了两对性状的杂交试验,进一步提出了生物遗传的第二条规律——“多对因子(基因)的自由组合或独立分配定律”,就是说,当两对或更多对基因处于异质结合状态时,它们在配子中的分离是彼此独立、不相牵连的。自由组合规律如实地反映了染色体在减数分裂中的行为。当控制两对性状的基因分处于不同对的染色体上时,遗传上便表现为自由组合。我们现在用玉米的一个实验来说明这个规律。

杂交试验的一个亲本是白色甜玉米(基因型以  $yyss$  表示),另一个亲本为黄色非甜玉米(基因型以  $YYSS$  表示)。把

这两个亲本杂交，得到子一代。子一代全部表现为黄色非甜籽粒，也就是说，黄色对白色是显性，非甜对甜也是显性。让子一代植株自交，在同一杂交果穗上出现下列四类籽型：黄色非甜、黄色甜、白色非甜、白色甜。现在把杂交结果图示如下：

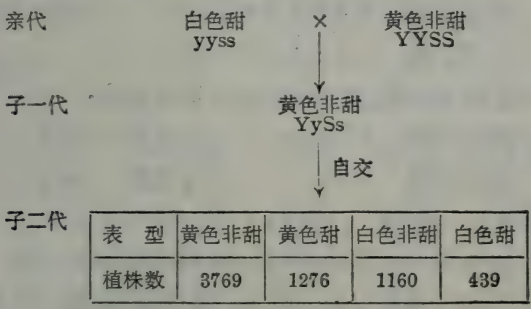


图 317 玉米的两对性状的杂交试验

首先，我们来观察这两对相对性状的分离比例：

(1) 黄色与白色：

黄色玉米籽粒数为： $3769 + 1276 = 5045$ ，占 75.9%；

白色玉米籽粒数为： $1160 + 439 = 1599$ ，占 24.1%。

(2) 甜与非甜：

非甜玉米籽粒数为： $3769 + 1160 = 4929$ ，占 74.2%；

甜玉米籽粒数为： $1276 + 439 = 1715$ ，占 25.8%。

两对相对性状的分离比例都接近 3:1。这就说明在一次杂交中，二对性状的分离是各自独立的；一对相对性状的分离与另一对相对性状的分离互不干扰，而相互分离完全是随机的。这样这两对性状必然会随机地组合在一起。所以在 3/4 的黄色籽粒里面，应该有 3/4 为非甜，1/4 为甜粒；而在 1/4 的白色籽粒里面，同样应有 3/4 为非甜，1/4 为甜粒。反过来也一样，即在 3/4 的非甜玉米籽粒中，应有 3/4 为黄色，1/4 为

白色; 在  $1/4$  的甜粒中, 也有  $3/4$  为黄色,  $1/4$  为白色。总之, 把这两对性状结合起来便应该是:

黄色非甜:  $3/4 \times 3/4 = 9/16$ ;

黄色甜:  $3/4 \times 1/4 = 3/16$ ;

白色非甜:  $1/4 \times 3/4 = 3/16$ ;

白色甜:  $1/4 \times 1/4 = 1/16$ 。

事实上正是如此, 在 6644 粒玉米籽粒中:

黄色非甜	3769	黄色甜	1276
------	------	-----	------

白色非甜	1160	白色甜	439
------	------	-----	-----

正好接近  $9/16$ ,  $3/16$ ,  $3/16$  和  $1/16$ , 即  $9:3:3:1$ 。

自由组合规律的基本原则仍然与分离规律一样, 是受配子中基因的随机分离以及显隐性关系所制约的。亲本纯合体黄色非甜玉米的基因型为  $YYSS$ , 减数分裂后产生配子的基因型为  $YS$ ; 亲本纯合体白色甜玉米的基因型为  $yyss$ , 减数分裂后产生配子的基因型为  $ys$ , 两亲本杂交, 子一代基因型为  $YySs$ , 因为  $Y$  对  $y$  是显性,  $S$  对  $s$  是显性, 所以表型为黄色非甜。子一代植株形成配子时, 按照分离规律,  $Y$  必定跟  $y$  分开,  $S$  必定跟  $s$  分开。如果这两对基因自由组合, 那末子一代产生的配子自然会出现 4 种类型, 即:

$Y$  与  $S$  结合, 形成  $YS$  配子;

$Y$  与  $s$  结合, 形成  $Ys$  配子;

$y$  与  $S$  结合, 形成  $yS$  配子;

$y$  与  $s$  结合, 形成  $ys$  配子。

4 类配子的比例为  $1:1:1:1$ 。

雌配子是这 4 种, 雄配子也是这 4 种, 可有 16 种组合。从图 318 可以看到, 表型上 9 种是黄色非甜, 3 种是黄色甜, 3 种是白色非甜, 1 种是白色甜, 与实验结果符合。



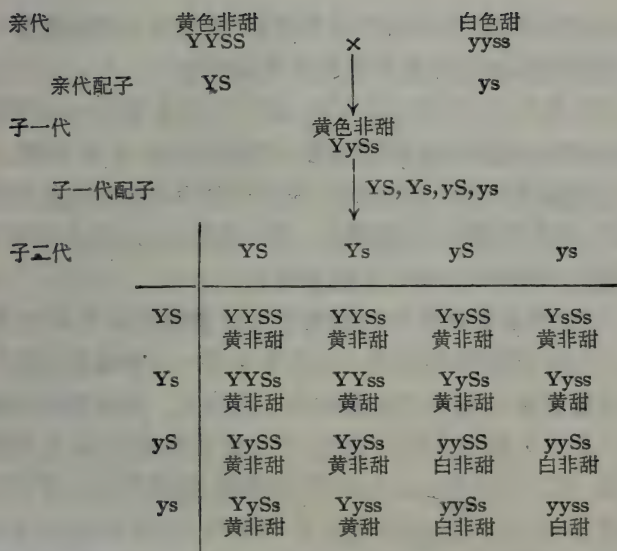


图 318 在玉米的两对性状的杂交试验中,有关两对基因的分离

如果杂交所涉及的相对性状在 3 对以上时,也可按上述方法推算,这里不再详细说明了。

自由组合有实践意义,因为通过杂交,通过基因的自由组合,可以育成高产优质的新品种。例如,有一小麦品种能抵抗霜害,但容易感染锈病;另一小麦品种能抵抗锈病,但不能经受霜冻。让这两个品种杂交,就可能在子二代中找出既能抵抗霜害,又能抵抗锈病的类型。当然也可在子二代中出现既容易感染锈病又不耐霜冻的类型。这里,育种工作者可以通过选择的方法,选留所需要的植株,淘汰不符合要求的植株。

## 五、数量性状遗传

前面所讲的遗传性状差异,大多是质的差异。例如,鸡羽

的芦花和非芦花,水稻的粳稻和糯稻,玉米种子的黄色和白色等,界限非常清楚,这类性状称为质量性状。

在生物界中,除质量性状外,还广泛存在着另一类性状差异,这些性状的变异呈连续状态,界限不清楚,不易分类,这种性状叫做数量性状。动植物的许多重要经济性状往往都是数量性状,如作物的产量、成熟期,奶牛的泌乳力,棉花的纤维长度、细度、强度等等,都属于数量性状。

“任何质量都表现为一定的数量,没有数量也就没有质量。”同样,任何数量变异,也都包含着一定的质变。因此,不能把质量性状与数量性状绝对化。事实上,质量性状和数量性状之间没有绝对界限。例如,在小麦粒色遗传中,红粒和白粒杂交,子二代表现 3 红 1 白时,界限清楚,显然可以看作是质量性状;但在另一组合中,子二代却呈现 63 红 1 白,这里红粒中还包含着最红、深红、浓红、中等红、浅红、淡红等各种情况,可以说,从最红到淡红之间有一系列的变化,表现出数量性状的特点。又如植物的高矮,一般认为是数量性状,但是有些水稻品种,如“万年青”与“茭白稻”杂交时,在杂交后代中,可以明显地分为高的和矮的两类,中间并没有连续性的变化,完全可以看作为质量性状。

质量性状的区别可以用文字直接描述,而数量性状的差异就要用数字表示。如水稻种子的千粒重,不能明显地划分为“重”和“轻”两类。如果它们的千粒重是在 25 克到 35 克之间,可以有 26 克、27.5 克、27.6 克……,很难分类。

数量性状的遗传,似乎不能直接用孟德尔规律来分析,但在 1910 年,已有人指出,这类性状的遗传,在本质上与孟德尔式的遗传完全一样,可以用多基因理论来解释。

根据多基因假说,每一数量性状是由许多基因共同作用

的结果,其中每一基因单独作用较小,与环境影响所造成的表型差异大小差不多。因此,各种基因型所呈现的表型差异就成为连续的数量了。

例如,小麦籽粒色泽这一数量性状,我们假定它是由两对基因共同控制的,一对是A和a,一对是B和b,又假定A对a来讲,使籽粒颜色加深,而且是不完全显性。AA籽粒颜色最深,aa最淡,Aa恰好在两者之间。B对b的作用也一样,而且A和B的作用在程度上也一样。

假定两个亲本,一个是AABB,籽粒色泽最红,一个是aabb,籽粒白色。杂交得到子一代,是AaBb,籽粒色泽在两个亲本之间。子一代自交,得到子二代,它们的基因型和表型如图319。

从右图可见,因为A和B的作用相等而且相加,所以子二代的表型决定于基因型中大写字母的数目,可分5类:

- (1) 一个大写字母也没有(aabb),占1/16,其表型应该与白色籽粒的亲代一样;
- (2) 一个大写字母(Aabb和aaBb),占4/16,其表型为浅红;
- (3) 二个大写字母(AAbb,aaBB和AaBb),占6/16,其表型为中等红;

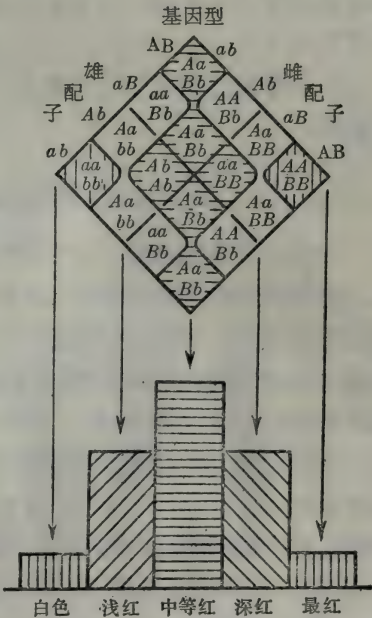


图 319 两对基因独立分离, 无显性现象的理论模型

占  $6/16$ , 其表型为中等红, 应与子一代一样, 即恰好在两亲之间。

(4) 三个大写字母 (AABb 和 AaBB), 占  $4/16$ , 其表型应为深红;

(5) 四个大写字母 (AABB), 占  $1/16$ , 其表型应与籽粒最红的亲代一样。

所以, 如果子二代籽粒可以分成这 5 类, 其比数应为  $1:4:6:4:1$ 。

如果有关基因的数目不只两对, 而且邻近两类基因型之间的差异与环境所造成的差异大小差不多, 那末子二代就不能清清楚楚分成 5 类, 籽粒色泽从最淡到最红, 应呈连续的变异。

所以数量性状虽呈连续变异, 但是也可用多基因的理论来解释。

## 六、数量性状和选择

根据一般实际经验, 例如说水稻穗选, 穗重而谷粒多的, 其后代平均讲来, 穗的重量也大些, 这是我们在选种中最基本最普通的常识。可是, 有时穗选的效果很显著, 产量有很大的提高; 有时穗选的效果不显著, 产量未能有所提高, 这又是什么道理呢?

本世纪初, 有人用四季豆做实验, 通过多代自花授粉, 得到许多纯系。在一个纯系内, 各个体基因型基本上都一样, 而且都是纯合的 (例如说, 每个个体的基因型都是 aabbccDDEE ffGG...)。一个纯系范围内, 表型也有差异, 这种差异完全是由于环境条件的差异 (在植株上的地位, 局部光照条件, 病虫害等各种“偶然”的条件)。因此, 纯系范围内进行选择是完全



无效的。

表 25 就是一个纯系的数据。在连续 6 年内,选出纯系内大的种子和小的种子分别种下, 后代种子的平均重量始终都一样,没有什么区别。

表 25 在四季豆的一个纯系内进行选择的结果

年 份	所选用的亲代种子平均重量 (厘克)		所得子代种子平均重量 (厘克)	
	轻 的 种 子	重 的 种 子	轻 的 种 子	重 的 种 子
第 一 年	30	40	36	35
第 二 年	25	42	40	41
第 三 年	31	43	31	33
第 四 年	27	39	38	39
第 五 年	30	46	38	40
第 六 年	24	47	37	37

第一年,选一部分轻的种子,平均重量 30 厘克,种下后得到子代种子平均重量 36 厘克; 亲代中重的种子平均重 40 厘克,种下后所得子代种子平均重 35 厘克。如此直到第六年,轻种子后代平均重 37 厘克,重种子后代平均重也是 37 厘克。

这个试验说明了一个情况: 如果基因型是一致的, 而性状差异几乎完全是由于环境差异所造成, 那末, 选择是无效的。

不过象水稻和小麦那样的大田作物,虽说是自交植物,也有一定比例是异花授粉的, 更何况自发的遗传变异也偶尔在产生着,因而即使是自交作物,在基因型上全然一致的情况还是很少有的,进行穗选,除能保持品种的原有优良特性外,有

时还可有所改进。

话又说回来，如果性状差异主要是由基因型的差异所造成，那末选择肯定是有效的。

一般讲，两个品种杂交，子二代中出现不同基因型种类是极为众多的，所以在杂种后代中进行穗选是很有效的。

## 七、杂种优势

有时候两个亲本杂交，子一代个体的某一数量性状并不等于两个亲本的平均，而是高于亲本的平均，甚至超出亲代范围，比两个亲本都高。如果子一代超出亲代范围，那就叫做杂种优势现象。

杂种优势见于种间杂种，如雌马与雄驴杂交的子一代骡，比两亲都强健，适于劳役，而又耐粗食。但杂种优势更多见于同一个种的不同品种间的子一代，如猪的品种间杂种往往比两亲都大，而且生活力也强。那末杂种为什么有优势呢？主要有两种说法：

1. 显性说 一般对生活力有利的正常性状多由显性基因控制，不利的正常性状多由隐性基因控制，而对生活力或生产性能有关的基因数目很多，所以如两亲各具有不同的显性基因，子一代的生活力或生产性能自然增强了(图 320)。

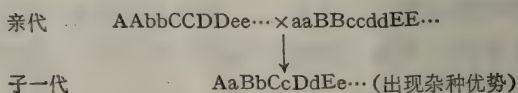


图 320 显性说的说明

2. 超显性说 这个学说认为杂合体的生活力比两种纯合体都强。如杂合体  $a_1 a_2$  的生活力比纯合体  $a_1 a_1$  和  $a_2 a_2$  都强。这可能因为在杂合体中  $a_1$  和  $a_2$  各有不同的作用，比纯合

体中  $a_1$  或  $a_2$  的单独作用对生活力有利得多。所以如两品种杂交时，子一代的生活力或生产性能自然比两亲都显得优越了。

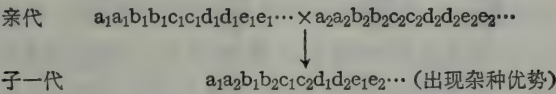


图 321 超显性说的说明

这两种学说虽都有实验的证据，但只能说明一部分事实，要说明全部事实显然还是不够的，还须不断地通过生产实践和科学实验来进一步充实提高。

杂种优势的利用：杂种优势在生产实践上非常重要，大家最熟悉的例子就是杂种玉米。

玉米是异花授粉作物，在一般田间条件下约有 5% 自花授粉，所以一块玉米田上的植株差不多都是高度杂合的。长期以来，对稻麦等自花授粉作物，搞单株选择，育成“纯系”，已成为育种的标准方法。这种育种方法的优点是基因型一致，品种的性状稳定。玉米虽也可用人工方法自花授粉，也有人一直想用这方法搞玉米的纯系育种，但都不成功。因为玉米自花授粉后代总不如亲代，多代自花授粉后，产量愈来愈低。

后来有人发现，玉米多代自交后，自交系产量越来越低，但两个自交系杂交得到的子一代，产量却大为增高。因此，主张维持两个自交系(这两个自交系都是纯合体，基因型一致，不会分离)，每年杂交得子一代，把子一代种子用于生产栽培。由于子一代植株的基因型都是一样的，因此每年所得子一代种子的性状就稳定可靠，而且产量也高。

但这样还不能直接用于生产，因为自交系结实率低，每次杂交所得种子太少，种子的生产成本太高。后来又发展了

另一个利用杂种优势的方法，一直沿用至今，这就是玉米双杂交。



图 322 双杂交杂种玉米的产生过程

这方法可用图 322 表示。维持 4 个自交系 A, B, C, D。每年 A 与 B 杂交，得  $(A \times B)$  单交种，C 与 D 杂交，得  $(C \times D)$  单交种；同时每年把去年所得两种单交种种子种下，相互杂交，得  $(A \times B) \times (C \times D)$  双交种。这双交种就用于大田栽培。种子基地每年培植自交系，并做单杂交和双杂交。一般的杂种玉米就是双交种种子种出来的。杂种玉米产量比普通玉米高，



生长一致，而且产量稳定，在气候不良的年份产量影响较少。我国不少地区试种和推广双交种玉米，也取得很大成绩，种植面积正在迅速扩大，发展前途是极为广阔的。

目前，在生产实践上利用杂种优势的，除了杂种玉米之外，杂种高粱也是很突出的，杂种家蚕在我国已经普遍推广了。此外，家畜、家禽以及蔬菜作物（尤其是葱韭类和茄果类）也广泛地利用杂种优势。至于水稻和小麦的杂种优势的研究，正在大力开展，并已取得初步成果，离正式应用已为时不远了。

## 八、性别决定和伴性遗传

我们已知道，身体细胞中染色体数是双倍的，有  $n$  对，生殖细胞中染色体数是单倍的，只有  $n$  个。可是后来发现事实并非全然如此。详细地说，身体细胞中有一对染色体的形状相互间往往不同，从而形成配子时，一部分配子中有一个染色体往往跟另一部分配子中的相对染色体在形态上有所不同。这一对形态上相互不同的染色体，就是性染色体，因为它们跟性别决定直接有关，所以就得了这个名称。性染色体以外的染色体，就称为常染色体。

例如，人的体细胞中，有 46 条染色体，可配成 23 对，其中 22 对在男人和女人中是一样的，叫做常染色体，另外一对是性染色体，在女人中成对，叫做 X 染色体，而在男人中，X 染色体只有一个，与另外一个很小的 Y 染色体成对（图 308）。

经过减数分裂形成生殖细胞时，男人可以产生两种精子，一种精子具有 22 条常染色体，另加一条 X 染色体；另一种精子具有 22 条常染色体，另加一条 Y 染色体。这就是说，精子有两种，一种是  $22+X$ ，一种是  $22+Y$ ，而且两种精子数目相等。而女人只能产生一种卵，就是  $22+X$ 。带有 X 的卵与带

有X的精子结合(受精),得到XX合子,发育成为女人;带有X的卵与带有Y的精子结合,得到XY合子,发育成为男人。这种性决定形式,可图解如下:

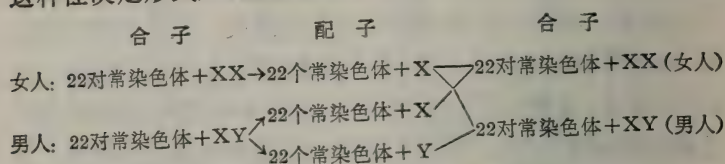


图 323 人的性别是由X和Y染色体控制的

猪、牛、羊、马、兔等各种家畜的性别决定与人类一样,都决定于X和Y染色体。

鸡、鸭、鹅等家禽的性别也是由性染色体决定的,但是情况刚好和家畜相反。例如,拿鸡来说吧,雄鸡有一对X染色体,雌鸡却是一条X和一条Y。因此,雄鸡的精子只有一种,都是带有X的;雌鸡的卵却有两种,一种带X,一种带Y。

既然动物有性染色体,那末如果基因是位于染色体上,有些基因就可能在性染色体上,而这种在性染色体上的基因的遗传现象,也应该与在常染色体上的基因的遗传现象有些不同了。

事实确是如此。举个例来说,芦花鸡的绒羽黑色,头上有一黄色斑点,成羽有横斑,是黑白相间。如用芦花雌鸡与非芦花雄鸡交配,子一代雄的都是芦花,雌的都是非芦花。而在子二代中,雌鸡中有一半为芦花,一半为非芦花,雄鸡中也有一半芦花,一半非芦花。反交时,即用非芦花雌鸡与芦花雄鸡交配时,则子一代不论雌雄,全是芦花;子二代雄的全是芦花,雌的一半为芦花,一半为非芦花。

这种遗传现象如何解释呢?如果假定“芦花”基因是在X染色体上,而且是显性,那末这些现象就可完满地说明。

图324中，圆圈中画出的两根代表性染色体，长的是X，短的是Y。“芦花”基因在X染色体上，用B表示，“非芦花”基因用b表示。芦花对非芦花是完全显性，Y染色体很短小，没有芦花基因和非芦花基因。图324表示亲代雌鸡是芦花，它的X染色体上带B，Y染色体上没有B的等位基因；亲代雄鸡是非芦花，它的两条XX染色体上都是b，雌鸡产生两种卵，一种卵带有X染色体（并带有B），另一种卵带有Y染色体（无等位基因）。X卵受精后发育为雄鸡，基因型是Bb（杂合体），又因B（芦花基因）是显性，所以雄鸡都是芦花；Y卵受精后成为雌鸡，从雄鸡来的X带有b，b虽为隐性，但因Y染色体上没有显性等位基因，未能把b的作用“掩盖”起来，所以，表现为非芦花的性状。

这样，子一代雌鸡又产生两种卵，一半带Y，一半带X（而且带基因b）；子一代雄鸡的精子虽然都带X染色体，但一半精子的X染色体上带有芦花基因B，另一半精子的X染色体上带有非芦花基因b。

雌、雄配子在基因型上说都是两种。因此，可以有四种组合，从而导致在子二代中表现出四种类型。图324中的子二代，最左方那只雌鸡，它的Y染色体从子一代的母鸡来，X（带有非芦花基因b）从子一代公鸡来，表现为“非芦花”。第二只母鸡，Y从子一代母鸡来，X（带有芦花基因B）从子一代公鸡来，表现为芦花。第三只雄鸡，是两条XX染色体，一条X（带b）从子一代母鸡来，另一条X（也带b）从子一代公鸡来，为“非芦花”。最右那只公鸡，也是两条X染色体，一条带b，从子一代母鸡来，一条带B，从子一代公鸡来，是芦花。

图325为反交，按照上面对图324的分析方法，同样可以看到每只鸡的基因型和表现型。

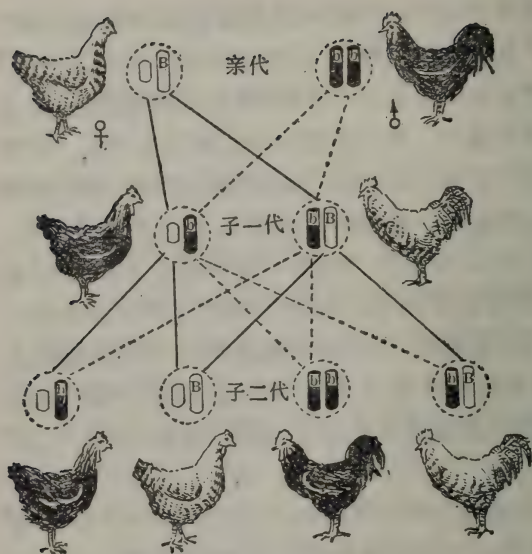


图 324 鸡的芦花斑纹的遗传(1)

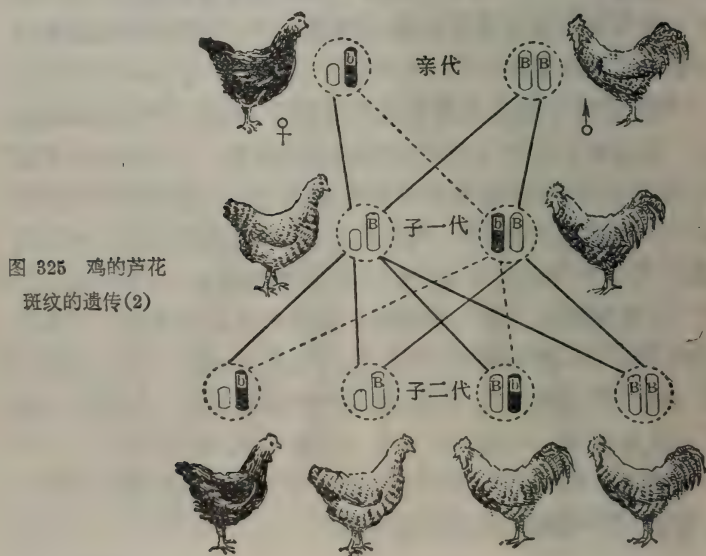


图 325 鸡的芦花斑纹的遗传(2)



芦花斑纹的遗传与性别有关，证明基因是在性染色体上的，这种遗传现象叫做伴性遗传。

在养禽场里，为了提高鸡的生产性能，可供利用的一个交配是芦花母鸡 $\times$ 非芦花公鸡。它们的子代生活力强，生产性能好，而且在孵化时，根据绒羽上有没有黄色斑点，就可把雏鸡的雌雄区别开来了。

性别决定的问题是十分复杂的，除了由性染色体差别决定以外，还有根据受精与否决定的（如蜜蜂），根据环境影响决定的，等等，方式很多。至于雌雄同体生物的性别分化问题，现在还了解得很少，不过有一点是肯定的，就是配子的雌雄主要为生理状态所决定，而不是由染色体决定。

## 九、细胞质遗传

细胞质在性状遗传中有没有作用？有的。首先，基因是通过生理生化过程才影响到性状发育的，如果没有细胞质，光是细胞核就无法实现这些生理生化过程，细胞也无法存活。另外，有些性状的遗传是直接通过细胞质的。我们知道，在配子受精过程中，合子的细胞质大部分是卵细胞的，精子的细胞质极少，如果性状的传递是细胞质中的遗传要素所决定的，那么，可以设想，这些性状将会只由母体遗传，结果在后代仅表现出母体的性状。

在紫茉莉中，浅绿和深绿植株之间杂交，生出的后代是深绿还是浅绿，完全决定于母系的颜色，也就是说，母系是浅绿的，后代就是浅绿；母系是深绿的，后代亦为深绿。这种遗传现象当然与孟德尔的遗传规律不相一致。因为，（1）子一代只表现母系的性状，（2）杂交的后代不出现一定比例的分离。这种遗传现象就叫做细胞质遗传。

现已证明在细胞质里也有遗传物质，通常称为细胞质基因。细胞质基因同样具有遗传上的稳定性和变异性。细胞质里有些重要的细胞器如粒线体、叶绿体、中心体等等，也都具有自身复制繁殖的能力，它们除含有 RNA 和蛋白质外，还含有在遗传中起重要作用的 DNA。

细胞质不仅可以直接传递性状，而且有些性状特性的遗传是核、质相互作用的结果，如在玉米、水稻、麦子等作物中，有一种称为雄性不育的变异，这种植株的雄性配子没有授精能力，而雌蕊发育完全正常，只要给予正常花粉，照样可以结籽。这种雄性不育特性，有的就是受细胞质控制的。如把不育株(♀, 雌性)和正常株(♂, 雄性)杂交，子一代和母方相同，也是不育的，再用正常株(♂)和它(♀)杂交，仍表现不育。这

表明，这个特性是由细胞质决定的，也可以说是通过细胞质遗传的。

雄性不育植株在和某种类型的正常株杂交后，子一代也可恢复为可育的，这种育性恢复的作用大多是由一个核中显性育性恢复基因 Rf 控制的，所以子一代植株雄性正常，子二代表现 3:1 的分离。如以 (S) 代表雄性不育的细胞质基因，(N) 代表正常的细胞质基因，那么，这个分离现象可用左图来说明。

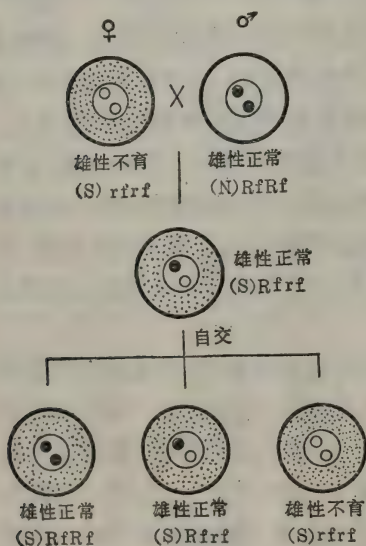


图 326 雄性不育的遗传

从图 326 可知, Rf 基因的存在, 可使不育恢复为可育, 从而证明, 雄性不育性状受细胞质基因的控制, 同时也受核基因的控制, 是两者共同作用的结果。

## 十、基因和性状发育

牧草中的白花三叶草有无毒的和有毒的, 人的皮肤色泽有正常的和白化的, 这些性状都是个体发育的产物, 而且都是由遗传控制的。那末, 基因是如何控制三叶草的毒性和人的皮肤的色泽呢?

白花三叶草是一种很好的牧草, 但自然界中有些品系在叶内产生氰, 氰是很毒的, 家畜吃了要中毒。根据遗传学研究, 知道有 L 基因存在时, 能产生一种水解酶, 把叶内含有的含氰化学物质水解, 产生氰, 使吃这种叶子的家畜中毒。只有隐性纯合体 ll 就不产生这种水解酶, 不形成氰化物, 家畜吃了这种叶子不会中毒。

还有, 人的皮肤细胞内是含有一定分量的黑色素的, 所以皮肤的色泽是正常的。为什么能够如此呢? 那是因为正常人有 A 基因, 能产生酪氨酸酶, 使酪氨酸转变为黑色素。但白化病人是隐性纯合体 aa, 没有 A 基因, 不能产生酪氨酸酶, 不能制造黑色素, 因此白化病人的皮肤是白的, 头发是黄的, 眼睛是粉红色的。

现在我们知道, 生物体内的生化反应是一步步完成的, 而每一步的进行都要依靠酶的作用。基因决定酶, 酶决定代谢作用, 代谢作用决定各种性状——基因与性状发育的关系, 简单讲来就是这样。至于酶对基因的作用, 下面还要提到。

## 十一、遗传的分子基础

前面我们已讨论了遗传的物质基础, 知道基因的特异性

主要由 DNA 的特异性所决定，在只含 RNA 而不含 DNA 的一些病毒中，基因的特异性主要由 RNA 的特异性所决定。那末，这两种核酸究竟是什么样的物质呢？

核酸的结构：核酸都是高分子，它们的单体叫做核苷酸。每个核苷酸由三部分组成：一个磷酸分子、一个糖分子、一个碱基(嘌呤或嘧啶)。

两种核酸的主要区别如下：

DNA 含有的糖分子是脱氧核糖，RNA 含有的糖分子是核糖。DNA 含有的碱基是腺嘌呤(A)，胞嘧啶(C)，鸟嘌呤(G)和胸腺嘧啶(T)；RNA 含有的碱基是腺嘌呤(A)，胞嘧啶(C)，鸟嘌呤(G)和尿嘧啶(U)。

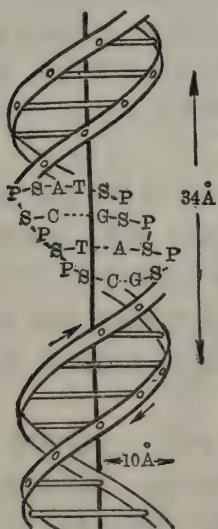


图 327 DNA 的一小段

高等动植物体内，绝大部分的 DNA 在细胞核内的染色体上，它是构成染色体的主要成分。RNA 在细胞核和细胞质中都有，如在核内，则更多地集中在核仁上，少量在染色体上。细菌也含有 DNA 和 RNA。多数细菌病毒(噬菌体)只有 DNA，植物病毒一般只有 RNA，动物病毒有些含有 DNA，有些含有 RNA，没有一种病毒同时具有 DNA 和 RNA 的。

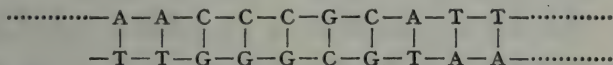
DNA 的分子结构：一个 DNA 分子包括两条长链，以一定距离相互盘旋着，形成两条相互扭曲在一起的双螺旋。图 327 表示 DNA 的一

一小段，两条盘旋的带代表脱氧核糖(S)和磷酸(P)，排列在外侧，每条横档代表一对碱基(A,T 或 G,C)，排列在内侧，通过



氢键\*把两条带连结起来，贯串螺旋的长线表示结构的纵轴，每对碱基间的距离是  $3.4 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-8}$  厘米)。

根据计算结果，知道 4 种碱基中，A 只能与 T 配对，C 只能与 G 配对。就是说，如果一条链上，某一碱基是 A，则另一链上与它相对的必是 T；与 T 相对的必是 A，与 C 相对的必是 G，与 G 相对的必是 C，所以 DNA 分子可简单地写成：



RNA 的分子结构跟 DNA 类似，但它们一般是多核苷酸单链，而不是双链。

DNA 的复制：DNA 的复制过程可用图 328 来说明。① 是一条双链结构的 DNA，周围有许多原料——核苷酸单体；

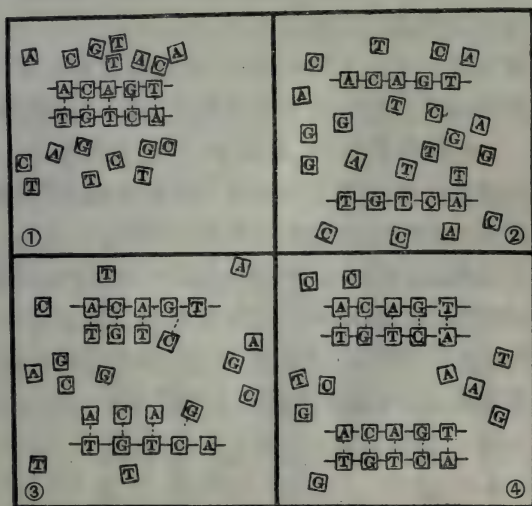


图 328 DNA 的复制过程

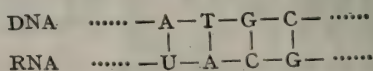
\* 氢键：两个氢原子之间的键连接。

②两条多核苷酸链拆开；③拆开后的两条多核苷酸链各自与附近的单个核苷酸配对，A 与 T 配，C 与 G 配；④新配上去的核苷酸组成一条新的多核苷酸链。这样，一个 DNA 分子就复制成两个一模一样的 DNA 分子了。

现在已可在试管中用核苷酸合成 DNA。在试管中放入 4 种核苷酸，还要加入随便那一种生物提取出来的 DNA 多聚酶，最后还得加点现成的 DNA，这样就可合成许多新的 DNA。经过分析，发现新合成的 DNA 中， $A=T$ ， $C=G$ ，而且  $(A+T)$  对  $(C+G)$  的比例总是和加进去的现成的 DNA 一样。那就是说，新合成的 DNA 的特异性完全决定于加进去的一点点现成 DNA，即以现成 DNA 为样版进行复制。这里必须指出，DNA 的复制以多聚酶的存在为必要条件。可见，遗传物质的复制必须通过代谢过程。

蛋白质生物合成：上面已讲过，基因通过酶决定性状，但基因的主要成分是 DNA，是由 4 种核苷酸以一定顺序排列起来形成的，而酶都是蛋白质，是由 20 多种氨基酸以一定顺序组合起来构成的，所以这儿就出现 DNA 中核苷酸的排列顺序如何决定蛋白质中氨基酸的顺序组合问题。

根据实验知道，DNA 中核苷酸的排列顺序决定蛋白质中氨基酸的排列组合，是以 RNA 为媒介的。在细胞核中有一类 RNA 叫做信使 RNA，它们的分子结构和 DNA 的分子结构间存在着互补关系，象下面所表示的那样：



信使 RNA 以 DNA 为样版，带来了 DNA 上的遗传特异性。信使 RNA 形成后就由细胞核进入细胞质中，和核糖体结

合起来，然后以信使 RNA 为样版，把氨基酸一个个接起来，合成有一定氨基酸顺序的蛋白质（图 329）。这样 DNA 上

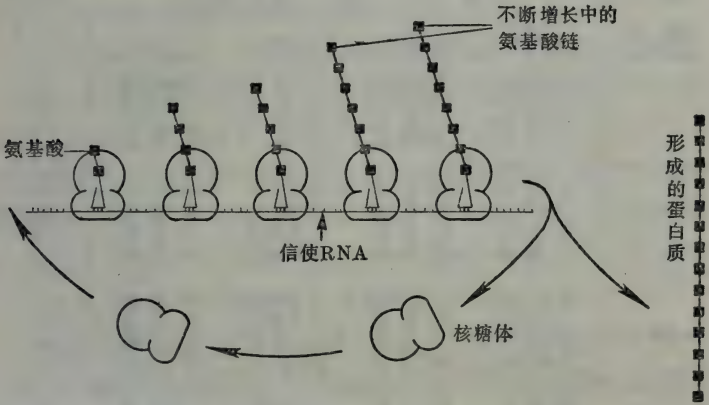


图 329 信使 RNA 以 DNA 为样版，合成后结合到核糖体上

的遗传特异性，通过信使 RNA 的媒介，决定了蛋白质的特异性。

既然 DNA 与信使 RNA 的关系是互补的，这样 DNA 的特异性就决定了信使 RNA 的特异性，但 RNA 分子中只有 4 种不同的核苷酸，而蛋白质分子中却含有 20 种以上的氨基酸，因而就发生怎样能把 RNA 分子中 4 种核苷酸所携带的遗传特异性或遗传密码翻译成蛋白质分子中的 20 种氨基酸，决定氨基酸的次序，从而决定蛋白质的专一性的问题了。要解决这一困难，只好假定每一种氨基酸不是由一个碱基决定，而是由几个碱基决定。根据最近研究，已知 3 个碱基决定一个氨基酸，并且提出了 20 种氨基酸的密码。

表 26 氨基酸的遗传密码\*

第一位 碱 基	第 二 位 碱 基								第三位 碱 基
	U		C		A		G		
U	苯丙氨酸 苯丙氨酸 亮氨酸	亮氨酸	亮氨酸	亮氨酸	酪氨酸 酪氨酸 无	酪氨酸 酪氨酸 无	半胱氨酸 半胱氨酸 无色	半胱氨酸 半胱氨酸 无色	U C A G
C	亮氨酸 亮氨酸 亮氨酸	亮氨酸	脯氨酸 脯氨酸 脯氨酸	脯氨酸 脯氨酸 脯氨酸	组氨酸 组氨酸 谷氨酰胺	组氨酸 组氨酸 谷氨酰胺	精氨酸 精氨酸 精氨酸	精氨酸 精氨酸 精氨酸	U C A G
A	异亮氨酸 异亮氨酸 异亮氨酸	异亮氨酸	苏氨酸 苏氨酸 苏氨酸	苏氨酸 苏氨酸 苏氨酸	天冬氨酸 天冬氨酸 赖氨酸	天冬氨酸 天冬氨酸 赖氨酸	丝氨酸 丝氨酸 精氨酸	丝氨酸 丝氨酸 精氨酸	U C A G
G	缬氨酸 缬氨酸 缬氨酸	缬氨酸	丙氨酸 丙氨酸 丙氨酸	丙氨酸 丙氨酸 丙氨酸	天冬氨酸 天冬氨酸 谷氨酰胺	天冬氨酸 天冬氨酸 谷氨酰胺	甘氨酸 甘氨酸 甘氨酸	甘氨酸 甘氨酸 甘氨酸	U C A G

\* 密码的读法: 例如甲硫氨酸的第一位是 A, 第二位是 U, 第三位是 G, 所以密码是 AUG。

这样, DNA 所带的遗传特异性, 以互补方式决定了信使 RNA 的特异性, 信使 RNA 所带的特异性按照上述密码字典, 决定了蛋白质的特异性, 从而决定了生物的各种性状。

## 十二、遗传的变异

世界上的一切事物无不具有两重性, 基因和染色体通常是稳定的, 但也会发生改变, 即所谓突变。所以突变和稳定性同样是遗传物质的重要属性。所有生物从病毒、细菌到人类都会发生突变, 这是遗传性变异的来源。

突变大抵可以分成两大类: 一类是基因突变, 一类是染



染色体畸变，即染色体的结构和数目发生改变。但两者不能严格区分，目前的区分是以显微水平为标准，在显微镜下可以看出形态变化的，则为染色体畸变，凡在显微水平下看不出染色体形态变化的，则归入基因突变。

所谓基因突变，就是基因结构的改变。基因突变后出现的性状，称为突变性状。达尔文所描述的安康羊，就是一个突变性状。这种羊的特点是腿很短，不能跳越羊栏。

现在知道，基因突变在生物界中是很普遍的，而且突变后所出现的性状跟环境条件间看不出对应关系。例如，有角家畜中出现无角个体，禾谷类中出现矮秆植株，有芒小麦中出现无芒小麦等，都看不出环境与突变性状间的对应关系。

根据现代分子遗传学的研究，一个基因是构成一个染色体上核苷酸链(主要是 DNA)中的一个片段，是起着决定某种蛋白质的功能单位。因此，基因的特异性决定于 DNA 中核苷酸顺序的特异性。基因的突变无非是 DNA 中核苷酸种类、数量和顺序的改变。有人证明，单个碱基对的改变就可改变“三体密码”中的内容，从而“决定”了不同的氨基酸。例如构成烟草花叶病病毒的一个 RNA 分子有着 6400 个核苷酸，其中一个发生变化，就会引起遗传性状的改变。又例如人的镰形血球贫血病，患者与正常健康人的血红蛋白分子都有 574 个氨基酸，其中由于一个核苷酸的更替，就造成一个氨基酸的差别，即正常人的一个谷氨酸在患者血球中为一个缬氨酸所代替，就在遗传上成为一个基因的差别。诸如此类的研究足以说明，作为一个功能单位的基因，可以分割为无数的突变单位和重组单位(在二个邻接的核苷酸之间就可发生交换)，从而否定了过去关于基因是终极的，包括功能、突变和重组三位一体的不可分割的遗传单位的错误看法。但是，作为生物进化的内在动

力,变异的产生,不论是基因突变或是染色体畸变,都归结为核苷酸数量的增减和位置的改变,还是脱离不了庸俗进化论的形而上学观点。正如我们伟大领袖毛主席所教导:“所谓形而上学的或庸俗进化论的宇宙观,就是用孤立的、静止的和片面的观点去看世界。这种宇宙观把世界一切事物,一切事物的形态和种类,都看成是永远彼此孤立和永远不变化的。如果说有变化,也只是数量的增减和场所的变更。”

突变有因体内代谢产物的影响等“自发”产生的,但用X射线、伽玛( $\gamma$ )射线等处理,或用各种化学药剂处理,可大大地提高突变发生率。这是由于各种射线和化学药物引起DNA中核苷酸的化学变化,从而引起基因突变。

因为用物理因素和化学因素可使突变发生率大大地提高,这样变异来源就大为增多,通过人工选择,再加上育种上一些措施,可以培育出生产上需要的各种优良品种。

在栽培植物方面,用物理因素和化学因素引起突变,已培育出许多优良品种。例如,用伽玛射线处理籼稻种子,选出提早成熟15天的新品种,而丰产性状仍旧保留下来。一般米粒的蛋白质含量不高,而且所含的蛋白质较多地分布在米粒的外层,在碾成白米时,多已丧失。现在用诱发突变的方法,得到新的水稻品种,不仅提高了米粒中蛋白质的含量,而且蛋白质分布在整个米粒中,所以碾成白米后,米粒中蛋白质丧失较少。诸如此类的例子是很多的。近年来,我国在这方面发展特别快,成效也很显著。

在果树和花卉育种中,还常常利用芽变(就是在芽中有一个细胞变了),由这个突变细胞发育成新的芽,再从这个芽长成枝条,其中许多细胞都带有这个突变,用这个枝条就可繁育出一个突变品系。许多果树(例如温州蜜柑)和多年生花卉(例

如各种名贵菊花)的品种,就是这样选出来的。

染色体畸变: 不仅基因可以突变, 染色体数目和结构也可发生改变。

例如, 染色体数目可以加倍, 从二倍体变成四倍体, 这种情况在植物界中相当普遍。染色体究竟是怎样会加倍的呢? 最简便的方法是应用一种叫做“秋水仙素”的化学药品, 使细胞中染色体数加倍。原来这是在细胞有丝分裂时, 每条染色体纵裂为二, 数目加倍了, 可是细胞分裂过程不进行下去, 没有分成两个子细胞, 加倍的染色体仍在同一细胞内, 以后由这个细胞分裂而成的子细胞, 染色体数目就加倍了。这是细胞分裂出了一次“差错”, 在天然条件下有这种“差错”发生, 在人工条件下, 用秋水仙素处理之后, 这一类“差错”就很多。

另外有些化学药品, 如比较容易得到的“富民隆”, 也能使染色体加倍。

四倍体的减数分裂还算正常, 染色体仍然配对, 只是染色体对数加了一倍, 自花授粉后仍是四倍体。四倍体与二倍体杂交, 得到三倍体。三倍体的个体发育也还正常, 但到减数分裂时就不正常了。因为只有相对染色体才能配对, 2 条染色体配成 1 对, 4 条染色体配成 2 对, 都不发生问题。在三倍体中, 染色体是三套, 相对染色体都是三条, 减数分裂配对时, 这三条染色体不能正常配对, 结果减数分裂不正常, 不能形成正常的配子。所以三倍体大多是不育的——不结种子, 不生后代。

自然界也有三倍体, 不结种子, 只能靠无性繁殖。例如栽培的香蕉就是三倍体。香蕉没有种子, 就是因为它是三倍体。

利用三倍体不育的原理, 可以培育“无籽西瓜”, 方法是这样的: 普通西瓜是二倍体 ( $2n=22$ ), 用秋水仙素处理西瓜幼苗, 可得四倍体 ( $4n=44$ )。四倍体西瓜是可育的, 后代仍是四



倍体,所以可以培育各种四倍体品系的西瓜。

四倍体与二倍体杂交,得到的瓜籽是三倍体。这种瓜籽长出来的西瓜植株都是三倍体,可以结西瓜,但没有种子,因为三倍体不育。每年利用四倍体与二倍体杂交,每年可以得到三倍体瓜籽,每年可以种出无籽西瓜。

染色体除了数目可以发生改变之外,结构也可发生改变。这种结构改变如何发生?首先要有染色体断裂。染色体在自然条件下也会断裂,造成结构改变。用X射线和其他射线或某些化学药品处理,更可增加染色体断裂和结构改变的频率。有人把洋葱磨碎,提取液体,用来处理洋葱的细胞,引起染色体断裂。可以想象得到,染色体在自然条件下的断裂和改变,可以由体内代谢作用的产物所引起。

染色体结构改变已被应用到生产上。例如,家蚕黄血基因本来不在性染色体上,不是伴性遗传。用X射线照射家蚕,把这基因从常染色体搬到性染色体Y上,因为只有雌性蚕儿有Y染色体,所以雌性蚕儿的脚带黄色,以后它们所结的茧也是黄色,而雄性蚕儿没有Y染色体,所以雄性蚕儿的脚是白色的,以后它们所结的茧子也是白色的,这样雌雄很容易区别开来,给生产提供了很大的方便。第一,根据茧色不同,雌雄蚕儿所结的茧子分开,分别缫丝,可以提高丝的质量。第二,农村所用的蚕种都是蚕种场所供给的杂种蚕卵。蚕种场每年要做大量的蚕儿杂交工作,做杂交时先要鉴别雌雄。或在最后一次眠起时翻看蚕儿尾部的腹面,或者把蚕蛹从茧子中取出来,观察蚕蛹尾部腹面。这样做,既费劳力,蚕体又容易受伤,而且还不能完全避免差错。现在根据蚕儿腹脚的颜色,或茧子的颜色,就可正确地地区分雌雄,给蚕种制造带来很大方便。



# 生物的进化

## 一、两种宇宙观的斗争

伟大领袖毛主席在他的光辉著作《矛盾论》中指出：“在人类的认识史中，从来就有关于宇宙发展法则的两种见解，一种是形而上学的见解，一种是辩证法的见解，形成了互相对立的两种宇宙观。”

地球上自然界存在着形形色色的生物，已被发现的植物有三十多万种，动物有一百五十多万种，微生物也有一、二十万种。实际上还不止这么多。这许多种类的生物究竟是怎样产生的？种类原来就是这么多吗？地球上最初的生命又是怎样起源的？关于生物的多样性和起源问题，历来也存在着唯物论与唯心论，辩证法与形而上学的斗争。生物起源与进化的两条哲学路线斗争，也是思想上政治上两条路线斗争的反映。

### （一）进化论与特创论

在生命和生物种类起源这个问题上，“自生论”（即“无生源论”）以及后来的“特创论”、“物种不变论”、“目的论”等等，都是形而上学唯心论。“自生论”认为世界上各种生物，都是由所谓永恒神灵赋予生命，各自从非生命物质（如水汽、水、腐物、泥土等）自然产生出来。“特创论”宣扬宇宙万物包括天体、大地、各种植物动物以及人类，是由一个“上帝”为了一定的目

的,按照一定的次序,在六天之中创造出来的,而且创造出来以后,永恒不变。

十八世纪,瑞典生物学家林奈对于动植物的分类虽有很大的贡献,可是,他却是一个“上帝”的虔诚信徒。他说:“地球上的物种从来不变,上帝给每一物种只创造了一对个体,一雄一雌,那时造了多少种,现在就存在着多少种。”在他所处的时代或稍后,即十八世纪末、十九世纪初,人们从地层中发掘出很多古生物的化石。还发现,地层年代越古老,出土的生物遗骸的类型就越简单、低级,同现存的生物的差别也越大。从这些事实,已可以清楚地说明生物是变化的、进化的。可是,在不同的哲学思想支配下的自然科学,往往会从同一个客观现象中概括出完全不同乃至相反的结论。

十九世纪初期,法国居维叶也是顽固地为物种不变论辩解的一个代表人物。他认为,地球上曾经经历多次巨大的灾变,每次灾变地区,一切生物都灭绝了;以后由“上帝”再创造新的物种,这就是所谓“灾变说”,在实质上和“特创论”没有什么不同,只是换个伪装的花样罢了,所以恩格斯深刻地指出:“居维叶关于地球经历多次革命的理论在词句上是革命的,而在实质上是反动的。”

生物进化论就是在同唯心论和形而上学的斗争中产生的。和居维叶同时代的另一个法国生物学家拉马克,曾勇敢地在当时占统治地位的反动“灾变说”作斗争,遭到了顽固势力的压制和打击。他是科学进化论的创始者。十九世纪,英国生物学家达尔文进一步发展了进化学说。

## (二) 进化的原因和动力

十八世纪,法国布丰根据化石资料,断言有机界有它自

己的发展历史。他把美洲和非洲的动物作了比较，认为美洲和非洲大陆原先是连接的，以后才分离，目前两地动物的差异是由于大陆分离后的不同环境条件所造成的。因此认为地理隔离和生活条件是引起生物变化的原因。布丰还指出器官因使用程度不同，会发生变化。

拉马克发展了布丰的进化论点，在十九世纪初（1809年）提出他的进化学说，阐明生物种的可变性及生物进化原因，认为物种是能变的，物种之间无界限，有过渡的联系，并指出生物界是从低级逐渐发展到高级的。他在解释生物进化原因时，提出环境的直接影响，器官用进废退和获得性遗传等学说。他认为环境的改变是物种变化的原因，也就是生物进化的原因。对植物来说，环境的影响是直接的，环境条件的改变引起植物机能的相应改变，机能的改变引起形态构造的改变；在相似条件的继续影响下，经过许多世代对变异的累积，植物的形态构造的变化就加深，在这个过程中，形态构造上所获得的新性状能够遗传到下一代，这样一代一代的传下去，终于形成了新种。

对于动物来讲，他认为没有神经系统的动物，其变化也和植物一样，但过程较慢。而对于有神经系统的动物，环境的影响是间接的，要通过神经系统而发生作用。其过程如下：环境条件的大改变引起动物需要上的变化，需要上的变化引起行为上的变化。如果新的需要是经常的，便形成新的习性。习性的改变会引起机能的改变，使身体某些器官使用得多些，另一些器官使用得少或者不使用。常用的器官就发达，不常用的就不发达乃至退化。由于多用、少用或不用的结果，所获得的新性状能够遗传下去，因此久而久之便形成了新的动物类型。例如，因寻找食物而涉水的鸟类，由于足趾反复扩张使

用，在长期适应水中生活过程中，便逐渐形成如鸭、雁、海鸥等趾间具蹼的鸟类。鼯鼠之类眼睛不发达，就是因为长期营地下掘土生活，视觉不需要或少用，因此眼睛就退化了。

鸡、鸭的始祖本是能高飞的，但是现在的家鸡、家鸭都不能飞翔，这是因为鸡和鸭的始祖被人驯养，不许它们高飞，在长期保护和饲养以后，翅膀就退化，成为遗传性，因此变成现在失去飞翔能力的家禽了。

以上说明，器官或构造经常使用就发达，不使用就退化，经过累代的继续作用，通过遗传，终于形成新的生物类型。这就是拉马克的用进废退学说。

在拉马克时代，地质学和分类学虽然已有了明显发展，但古生物学、比较解剖学和胚胎学则刚开始发展，材料还不很多。拉马克的进化学说限于当时的科学水平，在论据方面不能不受到很大的限制，而且有许多事例，如动植物的颜色、拟态等现象，都不能以“用进废退”学说来解释。另外，拉马克错误地认为动物有所谓意志和欲望，在进化中发生重大作用，这完全是唯心的。但无论如何，他的工作使进化论有了很大的发展。所以恩格斯在《反杜林论》一书中对拉马克的工作给予很高的评价。他指出：“无论是达尔文或者是追随他的自然科学家，都没有想到要用某种方法来缩小拉马克的伟大功绩”。但同时又指出：“我们不应该忽视，在拉马克时代，科学还远没有掌握充分的材料，以便能够对物种起源的问题作出并非预测的即所谓预言式的答案”。

十九世纪中期，英国生物学家达尔文，从世界各地搜集了有关动物和植物方面的大量观察材料，以及比较解剖学、胚胎学、地质学和古生物学方面的许多例证，特别是根据当时人们在农业生产实践中所创造出来的许多家养动物和栽培植物品



种的实例,经过综合分析,于1859年发表了《物种起源》一书,提出以自然选择为基础的进化学说,随后又发表《动物和植物在家养下的变异》以及《人类起源及性的选择》等著作,进一步充实和发展了进化学说的内容。

达尔文认为生物的进化有四种原因,即①自然选择,②用进废退和获得性遗传,③外界条件的直接影响,④自发的变异。他在《物种起源》一书最后总结时指出,物种在漫长的世代相传过程中起了变化,这种变化主要是通过对无数延续性的、微小的、有利的变异的自然选择而实现的;其次是器官的使用和不使用的遗传效应。此外是外界条件的直接影响以及人们所不了解的、似乎是自发的变异这两种因素在形成适应性构造中的作用。这就是说,在四种因素中,自然选择是生物进化的主要因素。

自然选择说主要包含下列几点:①生存斗争(也叫生存竞争),②变异,③自然选择或适者生存。大意是在自然界里到处存在着生存斗争(如生物与环境条件之间的斗争,种间斗争以及种内斗争等),同时生物又普遍存在着变异。在生存斗争的过程中,由于自然条件的作用,对生物的变异发生选择的过程。在相似的自然条件的作用下,有利于生存的微小变异遗传到下一代去,并且逐代被保存和累积起来;而具有不利于生存的变异的个体便被淘汰掉。在这个过程中,那些保留下来的个体是跟环境相适应的,而那些被淘汰的个体是跟环境不相适应的。达尔文把类似于家禽、家畜以及园艺作物中各种不同品种的人工选择的自然界过程,叫做自然选择。新种产生就是由于自然选择的结果。他举狼和花的蜜腺为例。狼凭借其力气、狡猾或奔跑迅速以追捕其他动物。在其不同个体当中存在着不同变异。当遇到食物稀少的时候,只有具有

较大力气，而又跑得最快和最狡猾的个体才有最多的生存机会。而缺少这些条件的个体就被淘汰。这样，在长期生存斗争中，通过自然选择，有利于生存的变异的保存和累积，乃形成现在力猛、善跑和狡猾的狼。有些植物的花具有蜜腺，这种蜜腺最初主要是排泄有害物质，但也含有一些糖分，因而能够吸引昆虫。当昆虫在花中采食蜜汁时，碰上花药，花粉即粘附在虫体上；待昆虫采食其他花蜜时，花粉就传到别的花的雌蕊上。在经过传粉杂交所生的植物后代中，那些分泌糖分较多的花蕊对昆虫的吸引力就比较大，因而传种的机会也就比较多；相反的，传种机会就较少，乃至被淘汰。这样，代代相传，通过自然选择，形成现在具有发达蜜腺的花蕊的植物种类。

达尔文的自然选择论还包括性选择。性选择是自然选择的一种特殊形式。同性个体(主要是雄性)因争取与异性交配而发生竞争，得到交配的个体得以传种，因此有利于竞争的性状得以巩固和发展。达尔文以此来说明动物副性征(如鹿角及孔雀羽毛等)的形成。

达尔文认为除自然选择这个主要原因外，其他三种原因(用进废退和获得性遗传，外界条件的直接影响以及自发的变异)是辅助因素，在生物进化中也发生作用。例如，在某些海岛上(如印度洋南部的克格伦岛)的昆虫大多没有翅膀或翅膀退化，另外有些种类翅膀特别发达。这是自然选择借助于用进废退的作用的结果。因为在海岛上，经常有大风，能飞的昆虫容易被吹入海洋而消灭，不飞的昆虫则较有生存的机会。不飞则会引起翅膀的退化，有利于生存。在海岛上特别能飞的昆虫也有生存的机会，这样的昆虫由于经常迎风飞展，因此翅膀就较为发达。在长期适应和遗传及自然选择的作用下，形成翅膀特别发达的种类。

达尔文认为世界上各种动植物都是从过去的共同祖先经过漫长的历史过程，通过以上所述几种因素特别是自然选择因素演变而成的。自然选择的结果产生了性状分歧。性状分歧有利于生物的生存和发展。这是物种形成的根本途径。达尔文的进化理论，科学地阐明了整个生命自然界的史发展事实，在科学上实现了一次大革命，推翻了“特创论”、“物种不变论”、“目的论”和“灾变论”等形而上学唯心论在自然科学上的统治，完成了拉马克以及其他有进化思想者未完成的任务，并推动了生物科学的发展。

恩格斯高度评价达尔文的进化理论，认为是十九世纪自然科学三大发现(能量守恒和转换定律，细胞学说，进化论)之一。他在1859年写给马克思的信里说：“我现在正在读达尔文的著作，写得简直好极了。目的论过去有一个方面还没有被驳倒，而现在被驳倒了。此外，至今还从来没有过这样大规模的证明自然界的史发展的尝试，而且还做得这样成功。”

马克思也肯定了达尔文的《物种起源》一书的积极意义。他说：“这本书我可以用来当做历史上的阶级斗争的自然科学根据”。

但马克思和恩格斯也指出了达尔文学说的缺点错误。首先是达尔文错误地采用马尔萨斯的反动“人口论”。按照马尔萨斯的理论，人口是以几何级数增加(即1、2、4、8、16等)，而食物则只以算术级数增加(即1、2、3、4、5、6等)，由此得出掠夺战争不可避免的结论。

马尔萨斯的“人口论”对于社会变革原因的分析是反科学的，反动的。达尔文却承认马尔萨斯人口论是社会规律，居然把生存斗争现象说成马尔萨斯学说在动植物界的应用，因而强调生物界的生存斗争是由于生物繁殖过剩所引起的。生存



斗争的结果,是适者生存,通过自然选择累积了变异,由原始种分化为变种,再由变种发展为新种。其实,达尔文的说法是与马尔萨斯“人口论”的公式相矛盾的,因为达尔文所发现的正是动植物都以几何级数进行繁殖的无限繁殖倾向。可见,达尔文虽然自己宣称他是应用了马尔萨斯公式,但从实质上分析,他反而确凿地推翻了马尔萨斯的“人口论”。马克思曾经明确地指出:“达尔文在他的卓越的著作中没有看到,他在动物界和植物界发现了‘几何’级数,就是把马尔萨斯的理论驳倒了。”达尔文的这一错误,显然是由于受到阶级的局限和资产阶级世界观的影响,使他混淆了是非。

达尔文这种繁殖过剩引起生存斗争的观点,后来就被资产阶级利用,强加于人类社会,提出所谓社会达尔文主义,为资产阶级压迫、侵略和削弱小民族效劳。

其次,达尔文过高估计了繁殖过剩作为生物进化的原因,也是错误的。依他看来,没有繁殖过剩这个前提,就不可能引起生存斗争与新种形成。实际上,生物是否可以继续发展新种,并不完全决定于繁殖数目的多少,而是主要取决于它的生存的能力如何,也就是说,它们是否可以活下来。要能较好地活下来,个体的变异确实是一重要的因素。繁殖率高只能看成是对环境的一种适应。所以,恩格斯深刻地指出:“没有这种过度繁殖,物种也会变异,旧种会绝灭,新的更发达的种会代替它们,例如,动物和植物迁移到新的地域,那里的新的气候、土壤等等条件会引起这些变异。如果在那里适应下来的个体继续生存下去,并且由于不断增长的适应而形成新种,而其他较稳定的个体却死亡和最后绝灭,而且不完善的、处于中间阶段的个体也同它们一起绝灭,那末,没有任何马尔萨斯主义,这情形也能发生而且已经发生了”。



此外，达尔文在说到自然选择时，没有考虑到引起个别个体变异的原因。恩格斯指出：“达尔文赋予自己的发现以过大的作用范围，把这一发现看作物种变异的唯一杠杆，忽视了重复出现的个别变异的原因而注意这些变异普遍化的形式，这是一个缺点……”。

达尔文在他晚年的时候，也认识到自己对于环境的直接作用估计不足，但始终不明白生物发展的动力是生物的内部矛盾所决定的。

进化的动力是什么？关于这个问题历来就有各种不同的见解，但归根到底，是辩证唯物主义和形而上学唯心主义两种不同世界观的斗争。

过去有一派学说叫做直生论，认为生物之所以进化是由于生物体内部有某种神秘力量，使生物朝着预定的方向改变和发展。例如马趾的进化，原始马有五趾，以后朝已经确定好的只有中趾发达的方向发展。直生论不是从生物和环境的关系来理解进化，而是把进化的原因和动力归之于先有的预定目标。按照直生论这种观点，进化的基础是非物质的，是不受自然发展规律支配的，这是唯心主义目的论。现在有些西方资产阶级学者还有类似的论点，他们不否认物种的可变性，但却认为进化要达到一个预定目标，即在于产生人类。人类产生以后，生命的发展就大功告成，达到顶点，不再发展了。这实际上和直生论是一脉相承，都是形而上学唯心论，都不符合物质运动规律，也不符合自然界和人类社会的历史发展事实。

恩格斯根据达尔文的学说和海克尔的研究，指出生物进化的动力在于遗传和适应的矛盾。他说：“海克尔的‘适应和遗传’，用不着选择和马尔萨斯主义，也能决定全部进化过程”，“特别是由于海克尔，自然选择的观念扩大了，物种变异被看

做适应和遗传交互作用的结果，同时适应被认为是过程中引起变异的方面，遗传被认为是过程中保存物种的方面”。恩格斯所指的遗传和适应的矛盾，实际上也是遗传和变异的矛盾。因为这里适应意味着变异，有变异才会有适应。毛主席教导我们：“事物发展的根本原因，不是在事物的外部而是在事物的内部，在于事物内部的矛盾性。”遗传和变异是生物所具有的特性。生物之所以能发展、进化，就是在于遗传和变异这个内部矛盾性，它是生物进化的动力。

一切事物都具有两重性。生物的遗传和变异就是对立统一的两重性。遗传意味着保守不变，变异却相反。两者是矛盾的统一，既相互联系，又相互斗争相互制约，是相反相成的。如果只有变异的一面，没有遗传的一面，那么下一代的生物和上一代的生物完全不同，因为保守可以使不断变革中的性状，包括形态构造、生理机能、代谢类型等在一定时期内采取一定形态固定起来，使物种相对的稳定。但是如果只有遗传的一面，没有变异的一面，就没有改进，就不能适应，就不能发展，就永远停顿不前，不能进化，世界上就不会有这样许许多多的物种。两者的统一是暂时的、相对的，斗争是永恒的、绝对的；不变是相对的，变是绝对的。

但生物在什么情况下才会发生变异？遗传性在什么条件下又能保持相对的稳定？毛主席教导我们：“唯物辩证法认为外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。”“在一定条件之下，矛盾的东西能够统一起来，又能够互相转化”。遗传和变异是对立统一的矛盾，既相互联系，相互斗争，在一定条件下又能相互转化。也就是说两者在一定条件下其主次地位能互相变换。例如环境条件起了变化，或者由于生活条件的改变而引起生活习性的变化，或者在生物迁到

一个新地方的时候引起生物对环境的适应过程，或者是由于异种杂交直接引起的变化，就必然引起变异，使生物固有性状发生改变(形态、机能或生理代谢等)，也就是外因通过内因起作用。这里，遗传和变异的矛盾是内因，而外因是环境条件。在这种条件下，变异在和遗传的相互关系中转化成为矛盾的主要方面，因此产生了性状的变化，而在长期的适应过程中由于性状变异的继续和累积就会导致由量变到质变，由渐变到突变的飞跃，从而产生了新的性状而形成新种。当环境条件变化不大，或生活习性不变和变化不大的时候，新形成的性状在一定时期内能够保持相对稳定，在这种情况下，遗传就取代了变异的主导地位成为矛盾的主要方面，而起着保存物种的作用，因此新形成的性状能够继续遗传。

但各种生物的遗传基础和遗传性状不完全相同。较为特化的种类具有狭窄的适应性，遗传稳定性比较大，因此当环境条件起了较大变化的时候，往往不能适应而趋死亡，乃至最后绝灭，如古代恐龙。而不特化或者特化程度较小的其他爬行类，适应性较广，它们在不同的情况下，比较容易适应，不但能保存下来，而且能继续发展。在同一种生物中，具有较大遗传稳定性的个体也比较不能适应较大的环境条件的变化。

还有，由于遗传基础不相同，即使在相同的环境条件下，不同生物可能有不同的进化发展方面。如在古生代同样的海洋环境里，只有某种无颌类发展成为鱼类，其他无颌类就没有向这一方面发展。在古生代泥盆纪，只有某种古总鳍鱼发展为两栖类，而其他古总鳍鱼则不发展为两栖类。

由此可见，生物的发展与进化，内因是主要的，遗传与变异这个生物内部矛盾性是进化的动力。自然界不断地变化，生物的生活环境(包括内外环境，非生物环境和生物环境等)也



经常在变动。因此，生物的遗传和变异这两个对立矛盾总是不断斗争。在和环境的相互关系中，旧的矛盾不断解决，新的矛盾又不断产生，原有的性状改变了，新的适应性性状形成，旧种死亡，新种出现，如此往复不已，便推动生物的不断发展和不断演化。

### (三) 达尔文进化学说的发展

达尔文的进化理论是依据实际的观察和长期的农业实践创立的，有自发地趋向辩证唯物主义的特点。在列宁、斯大林领导下的社会主义的苏联，米丘林和他的继承者进一步把达尔文的利用变异创造新的动植物品种的人工选择理论，发展为可以符合人们需要的定向变异理论，从而创造出许多优良的果树新品种。米丘林说：“我们不能等待自然恩赐，向它去索取才是我们的任务”。米丘林学说强调改造生物为农业服务的积极主动作用。

怎样才能引起生物的定向变异呢？

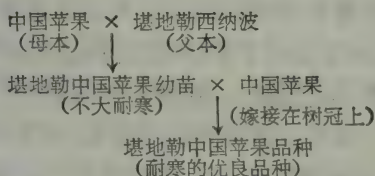
米丘林学说从生物和环境统一，个体发育和系统发育统一的基本原理出发，提出引起生物定向变异的三种方法：①在生物生活的一定时期，改变生存条件的方法；②有性杂交法；③无性杂交法。米丘林一生亲手培育出 300 多种果树品种，这些品种都是耐寒的，适于栽种在苏联中部和北部的一部分地区。他的具体做法可用米丘林培育的堪地勒中国苹果的过程来说明。

堪地勒中国苹果的父本是苏联南部的堪地勒西纳波苹果品种，果实大、味道好，但不耐寒，在苏联中部不能栽培；母本是中国北部的品种，果实小，味道一般，但能够耐寒。米丘林想把双方的优点结合在一起，他在苹果花开的时候，把堪地勒



西纳波苹果的花粉移到中国苹果的柱头上,进行人工授粉,由此产生出杂种,即堪地勒中国苹果幼苗。

这种杂种幼苗在第一年表现出耐寒性,但到第二年耐寒性却减弱了。为了加强幼苗的耐寒性,米丘林又把杂种幼苗的嫩枝嫁接在母本中国苹果植株的树冠上,由接穗长成的枝叶表现出耐寒性,这表示在母本植株(砧木)影响下,年轻的接穗耐寒性加强了。这种通过嫁接来影响杂种幼苗的方法,米丘林称之为蒙导法,就是他所采用的驯化杂种幼苗的一种方法。



米丘林定向培育果树品种的基本原理和方法,如上所述就是杂交、选择和培育,这在定向培育动植物新品种中都基本上适用。米丘林学说以后由他的继承者总结并发展,称为创造性达尔文主义。

另一方面,达尔文学说在西方资本主义的一些国家里,发展新达尔文主义。所谓新达尔文主义,首先是德国的魏斯曼所倡导的,他肯定有两种生命物质,即遗传质(种质)和营养质(体质),在外界环境影响下,只有身体细胞能变化,而遗传质保持不变。新达尔文主义后来在美国遗传学家摩尔根的“基因学说”中得到发展。

新达尔文主义发展了达尔文关于不定变异的观点。因为达尔文曾经认为,变异可分为一定变异(一定原因引起的)和不定变异(不定原因引起的);而变异,有的可以遗传,有的不

能遗传。摩尔根学派称能够遗传的变异叫做“突变”，所谓“突变”，意思是说几乎一成不变的遗传性状突然地改变了。这种“突变”只能是假设中的基因（譬如 DNA 的一片段）在染色体上排列次序突然改变或染色体数目和位置突然改变，此外任何变异都不能遗传，例如后天获得性不能遗传等，从而否认事物从量变到质变的过程。

我们知道，在生物体中有的变异可以遗传，有的变异不能遗传，但是不论能否遗传，都是由于“同化与异化”，“遗传与变异”的矛盾决定的，都有一定的原因，都是可知的，因为“植物和动物的单纯的增长，数量的发展，主要地也是由于内部矛盾所引起的”。达尔文看到了变异量的变化，但看不到物种形成过程中质的飞跃。应当说，一切遗传的变异一旦能够出现，便是由一定量的积累进到质变的转化过程。毛主席深刻地指出：“事物的性质主要地是由取得支配地位的矛盾的主要方面所规定的。取得支配地位的矛盾的主要方面起了变化，事物的性质也就随着起变化”。但是，“在矛盾发展的一定过程或一定阶段上，主要方面属于甲方，非主要方面属于乙方；到了另一发展阶段或另一发展过程时，就互易其位置，这是依靠事物发展中矛盾双方斗争的力量的增减程度来决定的。”当变异出现，而不能遗传，这就是说，遗传方面还处于主导地位，遗传性质还没有改变，需要在一定的环境条件下，不断地强化累积变异。当遗传的变异出现时，就意味着变异方面处于主导地位，旧的遗传性动摇，呈现出质的变化。所以，“新陈代谢是宇宙间普遍的永远不可抵抗的规律。依事物本身的性质和条件，经过不同的飞跃形式，一事物转化为他事物，就是新陈代谢的过程。任何事物的内部都有其新旧两个方面的矛盾，形成一系列的曲折的斗争。斗争的结果，新的方面由小变大，上升

为支配的东西；旧的方面则由大变小，变成逐步归于灭亡的东西。”毛主席从哲学的角度提出的新陈代谢，包括生物个体的“同化和异化”的对立矛盾，也包括种系的“遗传和变异”的对立矛盾。生物的代谢和遗传，永远处于新旧两个方面矛盾的斗争。通过斗争，新的产生，旧的灭亡。生物连续性与物种的间断性永远彼此联系，相互制约，相辅相成，互相促进，缺一不可，表现生物进化的辩证法。

辩证法确定飞跃有两种基本形式：爆发式的飞跃和渐进式（新质逐渐代替旧质）的飞跃。

达尔文在他的物种形成理论中全然忽视了爆发式的飞跃，他一再强调指出“自然界中没有飞跃”，这是片面的认识。从他所描述的物种形成过程看来，仅把物种的形成看作是量的缓慢累积的过程，没有把它看成是一种新质态代替另一旧质态，所以从哲学观点上分析，也不能认为达尔文所理解的物种形成方式是渐进飞跃的方式。按照达尔文的观点，在生存斗争和自然选择的长期过程中，不同的变异会在不同条件下逐渐积累起来，成为若干“变种”<sup>\*</sup>，变种之间是连续的，即那里有许多中间变种（中间类型）。起初是差异不大的变种，以后逐渐发展成差异很大的变种。于是，在种内斗争下，两个极端因差异较大就成为两个不同的物种。因此，假如把中间类型（或个体）一一连续起来，就没有中断。这种物种只有连续，而没有中断的说法，显然是不符合实际的。实际上物种是具有生殖隔离的种群，不同的物种，一般不进行杂交，或杂交不

---

\* 变种：有几个不同的概念，可以指变异比较显著的个体，也可以指亚种。亚种指的是地理上的小种，除了构造上和生理上的特征之外，还有一定的分域地区，如东北虎和华南虎就是两个亚种。在动物学上一般采用亚种，植物学上还经常采用变种。达尔文所说的变种，即相当于亚种，或相当于变异显著的一些个体。



能产生能育的后代。因此，不同物种之间的界限大都是很分明的。

达尔文不是自觉的辩证唯物论者，他只能形而上学地认为，物种的进化只能是缓慢的，逐渐的变化，不能出现飞跃。事实上，“自然界的生命和发展过程既包含有缓慢的进化，也包含有迅速的飞跃，即渐进过程的中断一样”。否认飞跃，最后必然陷进庸俗进化论的泥坑。

近几十年来，遗传的研究确有很大的进展，摩尔根学派对于生物的进化、物种形成的见解，发展成为现代达尔文主义。它是达尔文自然选择学说和基因学说的综合，并且综合了现代各种生物学有关的进化材料，但其基本论点，还是以基因突变和由杂交所实现的基因重组合作为生物进化的基本原料。

但是，关于“遗传与变异”这个大问题，在科学上还远远没有完全解决。

进化论形成和发展的历史经验值得我们注意：新生事物的成长都要经过艰难曲折的斗争才能取得胜利，反动势力和腐朽的传统观念，只有在革命群众的反复彻底的批判斗争之下，才能被赶出历史舞台，但在某种阶级斗争的气候条件之下，仍可以“借尸还魂”。直到现在，“神创论”、“目的论”、“灾变论”等形形色色的物种不变论者并没有绝种。死了二千多年的孔老二的“天命论”以及林彪的“天才论”和西方的“特创论”，原来都是一路黑货，他们同气相求，同声相应，孔老二的亡灵，如今受到西方资产阶级和苏修的招魂，“大科学家”居然顶礼膜拜起“孔夫子”来了，这决不是偶然的。伟大革命导师列宁教导我们：“我们必须懂得，任何自然科学，任何唯物主义，如果没有充分可靠的哲学论据，是无法对资产阶级思想的侵袭和资产阶级世界观的复辟坚持斗争的。为了坚持这个斗



争,为了把它进行到底并取得完全胜利,自然科学家就应该做一个现代的唯物主义者,做一个以马克思为代表的唯物主义的自觉拥护者,也就是说应当做一个辩证唯物主义者”。今天,发展科学,把生物科学推向新的高峰的历史任务,已经落在无产阶级的肩上。我们要努力学习马列主义、毛泽东思想,用辩证唯物主义的观点,使生物科学更好地为工农业生产服务。

## 二、生物进化的例证

按照进化论的观点,生物有共同的祖先,各种生物之间有不同的程度的亲缘关系。

生物进化论的证据是很多的,生物学的各科,如分类学、比较解剖学、古生物学、胚胎学、生物地理学、生物化学以及血清学等,都有丰富的材料证明生物是由进化而来,不是“上帝”分别创造,不由“天命”等超自然的力量所决定。

生物进化的例证有直接的,有间接的。研究进化规律的方法最基本的有三种,这里先从这三种形态方法的证据讲起。

### (一) 比较解剖学的例证

人的身体往往保存着没有用处的器官,叫做痕迹器官。最显著的是人的盲肠和阑尾(蚓突),这种器官在低等哺乳动物如兔子、鼠类等比较发达,而且有消化功能,但在人体内则已退化(图 330)。类似盲肠、阑尾这样的痕迹器官还有很多,如耳肌(猴子、猪、狗等动物比较发达,能牵动耳壳,但人的已退化,一般都不能动)、瞬膜、尾椎骨等。

鸵鸟、鸸鹋等不会飞的鸟,它们的翅膀也已退化为痕迹器官,但还能辨认。马、牛的前腿,蝙蝠的翼,鲸的鳍状胸肢,都是前肢,外形差别很大,但如果把它们解剖开来,则可以看到不



图 330 痕迹器官

论是神经、肌肉或骨骼都很相似。拿骨骼来说,这些动物的前肢骨骼构造基本上是一致的,只是大小形状不一样以及掌骨和指骨等数目不完全相同而已(图 331)。这种器官构造的一致性,表示这些动物都是由比较近代共同祖先发展而来的,它们的前肢都是由共同祖先的前肢起源的,因此保持着相同的结构,所以叫同源器官。但由于生活习性的改变,前肢在长期适应外界环境的过程中逐渐形成不同的机能。马驰骋在原

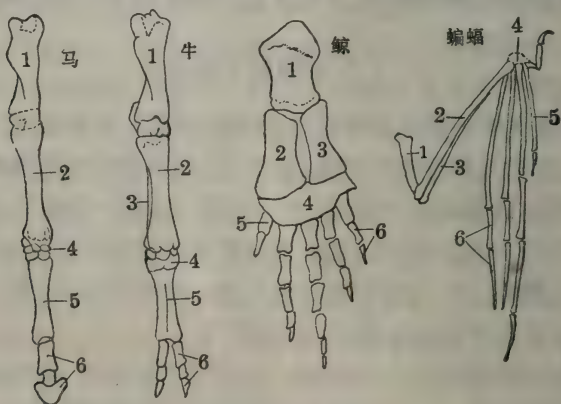


图 331 同源器官

1. 肱骨 2. 桡骨 3. 尺骨 4. 腕骨 5. 掌骨 6. 指骨

野上, 前后肢五个指(趾)只剩中指(趾)很发达, 其余皆已消失; 蝙蝠适应飞翔生活, 前肢变为翼; 鲸游弋于海洋, 后肢退化, 前肢成鳍状。

昆虫的翅膀和鸟类的翼都适于空中飞翔, 功能相同, 叫做同功器官。就是说器官源始不同而功用相同, 是因为适应环境, 使某些器官趋同一致。植物也有趋同性(图 332)。



图 332 植物的趋同性

从上面的分析, 我们可以知道, 比较解剖学是研究各种动物内部构造以确定其异同的程度。有比较才能鉴别。用比较解剖学的方法可以肯定动物有机结构的高低及其在进化序列中的位置, 确定器官完善化的程度, 器官分化程度的高低。不论是进化的器官, 退化器官, 甚至是痕迹器官, 都是生物进化的证据。

## (二) 胚胎学的例证与“生物发生律”

鱼、蝾螈、龟、鸡、兔、猪、牛等动物和人的早期胚胎都很相象, 都有鳃裂和尾, 头部较大, 身体弯曲。以后才逐渐分化, 显出不同(图 333)。除鱼以外, 其他动物和人的鳃裂都消失了,

人的尾部也消失了。这几类动物和人的形态都很不同，为什么胚胎初期都很相似？还有，鳃是适于水中呼吸的器官，为什么蛙、龟、鸡、兔、猪、牛等用肺呼吸的陆生动物以及人，在胚胎时期也有鳃裂？人在胚胎时期为什么也有尾？事实上，这些现象正说明他们是从很古时候的共同的始祖演化而来的。因为遗传把过去演化历史的痕迹保留在胚胎时期里，所以有胚胎初期的相似。人与这些动物是从水中生活的始祖演化而来的，所以在胚胎时期都有鳃裂。人是从有尾的动物发展而来的，所以在胚胎时期还保留有尾部。

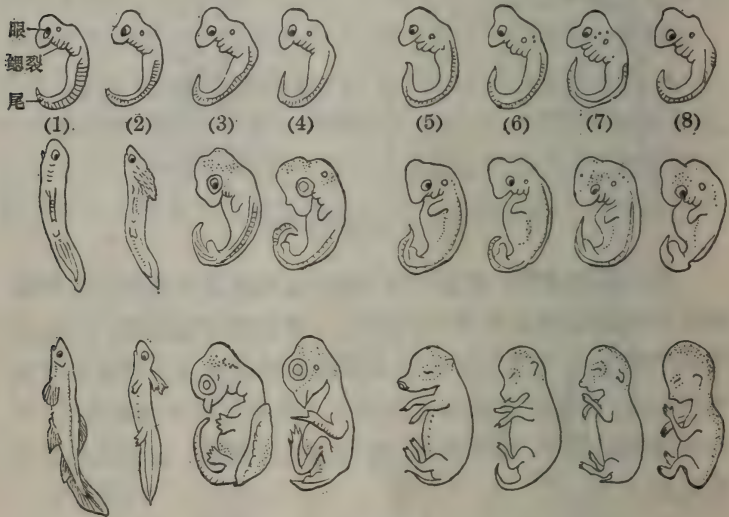


图 333 人和几种脊椎动物的胚胎发育

(1)鱼 (2)蝶螺 (3)龟 (4)鸡 (5)猪 (6)牛 (7)兔 (8)人

不仅如此，人们还可以进一步从动物的个体发育，从受精卵起的初期发育，来看生物的进化情况。以猪为例，个体发育从一个卵细胞受精起，经过细胞分裂，先形成桑椹胚（无空



腔),然后形成囊胚(内含空腔),继而形成原肠胚(有二胚层细胞),接着产生第三胚层,之后各胚层生长和分化为各种器官组织,形成胚胎,开始时象鱼形,有鳃裂,以后相继出现两栖类和爬行类的特征,如心脏从一心耳、一心室变为二心耳、一心室,继而心室出现不完全的分隔,辗转变化,最后形成哺乳类的形态。个体发育中这些不同阶段,清楚地反映了动物种系\*(亦称系统)的演化过程。卵细胞相当于单细胞动物;桑椹胚相当于球状的无空腔的群体生物(如实球鞭毛虫);囊胚相当于有空腔的群体生物(如团走子);原肠胚相当于腔肠动物;三胚层的发生相当于后口动物以上的多细胞动物;鳃裂的出现相当于鱼类;心脏分隔的变化相当于两栖类和爬行类。十九世纪,德国生物学家海克尔以此为进化的论据,并就动物这种个体发育现象,创立了一种学说叫“重演论”,亦称“生物发生律”,即生物在个体发育过程中,重现其祖先的主要演化阶段。

“重演论”不仅在胚胎发育中有很多形态学上的证据,在生理生化方面也可找到,排泄物在不同发育阶段的变化就是很好的一例。一切动物在体内分解蛋白质都要产生氨( $\text{NH}_3$ )——氮代谢的废物。氨是有毒的,需要排出体外。对于水生动物来说,排出这种有毒废物是比较容易的,因为氨溶于水,大多数鱼类通过鳃排出氨。陆生动物就不容易将氨排出。两栖类动物体内的氨是同二氧化碳( $\text{CO}_2$ )结合起来形成尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ ,由于尿素容易溶解在水里,而且比较没有毒,因此可以暂贮在体内,然后随尿排出。爬行类、鸟类和哺乳类在陆上生活,需要保持水分。鸟类和大多数爬行类都是排泄尿酸的。尿酸也是由 $\text{NH}_3$ 和 $\text{CO}_2$ 结合而成,但几乎不溶于水,在排泄过程中,水分能够被大肠重新吸收,而排出来的只是尿

\* 种系: 指一个类群,即种、属、科、目……等。

酸晶体,几乎没有失去水分。哺乳类主要是排泄尿素,尿在肾脏里面,有一部分水分可重新被吸收到体内,因此也可以减少水分的过多消失。

以上是动物成体的排泄情况,但在胚胎发育时期,却并非如此。例如,蛙的蝌蚪排泄  $\text{NH}_3$  与鱼类相似;鸡的胚胎早期排泄  $\text{NH}_3$  与鱼相似,稍后排泄尿素,类似两栖类,后期排泄尿酸,似爬行类。这都是生物进化的证据,也是“重演论”的生化例证。

### (三) 古生物学的直接例证

古生物学提供了生物进化的直接证据。人们根据埋在地层中的生物化石遗骸,可以看出古代生物的演变情况。现代地质学把地球的历史大体分为五大期:(1)太古代,约始于 31~46 亿年前;(2)原古代,约始于 13~18 亿年前;(3)古生代,始于 3~7 亿年前;(4)中生代,始于 2 亿多年前;(5)新生代,始于 7 千万年前。代又可分为纪,纪分为世(表 27)。人们在研究化石中,发现各类生物在各个时期的地层里出现有一定的顺序:越是晚近地层里的生物,越是与现存生物较为相似。太古地层没有什么化石,大都是保存在岩石中的有机物沉渍,仅从非洲南部大约有 31~32 亿年历史的地层里,发现一些结构非常简单的细菌化石,这算是到目前为止最早的生物化石了。原古代开始有生物化石,但仍很少,而且都是很简单很低等的物种,如细菌、水生藻类等。还发现在大约 10 亿年以前的澳洲古地层中绿藻的细胞分裂材料。原生动物的“瓣类”(纺锤形的有孔虫)和海绵动物(古杯海绵)也出现了。古生代初期藻类和无脊椎动物的化石大量出现。当三叶虫\*衰

\* 三叶虫:是寒武纪海洋中分布最广的节肢动物,在二亿年前已绝灭。

表 27 地质年代表

代 纪	绝对年代(百万年)		生 命 的 进 化				
	开始期	持续期	开始出现	发展最盛	衰亡绝灭	进化时代	
新 生 代	第四纪	2.5	2.5	人 类	人 类		人类时代
	第三纪	65	62.5	节肢动物, 现代哺乳动物	现代被子植物, 哺乳动物	原始哺乳动物	被子植物与哺乳动物时代
中 生 代	白垩纪	136	71	被子植物	被子植物与现代昆虫	大爬虫及古代裸子植物	
	侏罗纪	190	54	原始鸟类(始祖鸟)	裸子植物与大爬虫(恐龙)		裸子植物与爬行动物(恐龙类)时代
	三叠纪	225	35	原始哺乳类动物	爬虫类动物	种子蕨与木本蕨	
	二叠纪	280	55			三叶虫	
古 生 代	石炭纪	345	55	原始爬虫, 昆虫, 原始裸子植物	种子蕨、木本蕨、两栖类	笔 石	蕨类两栖动物时代
	泥盆纪	395	50	原始两栖动物原始陆生植物(裸蕨)	裸蕨类、木本蕨、鱼类	无颌类	裸蕨和鱼类时代
	志留纪	430	35	原始鱼类(无颌类)			
	奥陶纪	500	70	原始陆生动物(多毛类)	海藻、高等无脊椎动物		
	寒武纪	570	70	软体动物(腕足类)	三叶虫、笔石、古盃等		真核藻类和无脊椎动物时代
原 古 代		1300	730	原始无脊椎动物, 单细胞绿藻	原生动物		
		1800	1070	开始出现红层*			
太 古 代		3100	1300	裂 殖 菌			细菌和蓝藻时代
		3200	100	蓝 藻			
		4000	800	化学进化			化学进化生命起源
		4660	660				地球形成

\* 红层: 显示地表大气中已有大量游离氧存在。

落，代之以原始鱼类。古生代的中期和后期相继出现两栖类和爬行类，植物方面出现蕨类，后期裸子植物出现和发展。中生代出现哺乳动物和鸟类，被子植物的化石也大量发现。新生代被子植物繁茂起来，植物界与无脊椎动物接近于现代，哺乳动物大发展，并开始出现人类祖先。关于地球上生物发展情况，可详见地质年代表。

在中生代地层中发现古代鸟类化石，称为始祖鸟。这种始祖鸟体形大小如鸭，具有羽毛，但口中尚有细齿与爬行动物近似；翼上的指有三枚爪；尾长，有尾椎骨 20 枚(图 334)。这



图 334 始祖鸟化石及复原图



正好说明鸟和爬行动物的亲缘关系。

在新生代地层中还发现了一系列马的化石,大小不一,越古老的地层掘出来的体形越小。最原始的马,体小如家猫,前足有四趾,后足三趾。(由于适应原野的驰骋生活)。以后,在演化过程中,体型逐渐增大,同时中趾发达而侧趾逐步退化。现代马的侧趾已完全消失(图 335),但在马的胚胎发育中仍重复着马类祖先有侧趾的阶段。

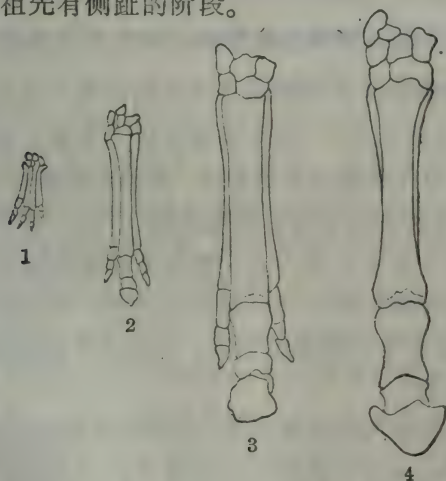


图 335 马足的进化

1. 下始新期始祖马足 2. 下渐新期渐新马足  
3. 上新期原始马足 4. 更新期及现代真马足

以上是研究进化规律的最基本的三种方法,把比较解剖学、古生物学和胚胎学的资料结合起来,综合研究进化过程,海克尔称之为形态研究中的三线平行法,研究马的起源便是应用此法的一个范例。

无论是对于动物或植物,研究分类学的人们总是力求能做到自然分类(即系统分类)。这就是以进化论为理论基础的

系统植物学和系统动物学的目的及其体系。这里有必要指出，要做到系统分类，并非容易。拿高等植物的分类来说，根、茎、叶的特征易受外界影响，所以一般用生殖器官(例如花、孢子囊)的特征作为分类的标准，花最能代表科的特征。植物的比较形态方法，常用显微镜作细微的观察。而象微生物的系统分类，更要考虑生理生化的特征。

#### (四) 生理生化的例证和血清学方法

构成生物体的元素都来自周围的环境，在生物机体内没有特殊的“生命元素”。一切生物都是由几类基本的化合物组成的，但是植物几乎都含有纤维素，而动物则没有；植物几乎都含有淀粉，动物则经常含有动物淀粉(肝糖)；脊椎动物的血液里都具有含铁的血红素，而大部分无脊椎动物则具有含铜的血青素。这种相似和相异，无非是说明生物之间可以有共同的祖先，可以有不同的亲缘关系，有不同种系的历史，即有不同的系统发育。

比较古老经典的血清方法，是用异种动物的血清注射，从沉淀反应看出各种动物的生理亲缘关系。例如接受过多次人类血清注射的兔子的血液中，可以获得一种新特性(抗体)，遇到人的血清(抗原)即凝成团块，发生沉淀作用。再以该兔子血液遇到别种动物血清的沉淀的强弱，鉴定该种动物与人的亲缘关系。和人愈接近的动物，则其血清之沉淀反应愈强；愈远，则愈弱。实验证明，人和黑猩猩血清的有关物质化学结构很相似。也曾有人用同法作植物亲缘关系的研究，称之为血清判断。虽然这方面的进展还是有限的，但无论如何就生物中主要的化合物说，或就生命活动的主要生理活动方式说，或就生命过程中的产物说，各方面积累的材料，对于阐明进化过

程的规律，已是不少的了。但新近生物化学的研究和成就正在启示我们：将来还可以发现更多更细致的证据，协同形态学和解剖学(包括继续发掘化石)的证据，阐明众生同源的理论——即生命起源问题。伟大革命导师恩格斯的预言必将一一得到实现。

进化论的观点，研究进化过程的方法，以及进化的事实，不仅给人类对于生物进化的认识产生深刻的影响，在医学研究上也有实际的意义。例如返祖现象，病源体(如寄生虫、细菌、病毒等)的专一性和特异性，以及免疫学上抗体的特异性，都牵涉到种系进化的理论问题。早在十九世纪末，俄国达尔文主义者梅契尼可夫从海盘车的体液内，首先发现白血球吞噬异物的现象，经过大量无脊椎动物白细胞比较研究，终于在人体内找到白血球的吞噬现象，从而倡立“吞噬虫学说”，为细胞免疫奠定理论基础。这里还要提出，近年来通过大量植物资源作为药物的筛选，积累了很多植物化学成分分析资料，发现植物形成各种化学成分的结构演变与植物科属系统的演化是有联系的。因此，在一定的科属植物中，往往分布着某种化学成分。例如挥发油主要分布在唇形科、樟科、松柏科等植物中；异喹啉生物碱分布在多心皮目各科属中；吲哚类生物碱分布在夹竹桃植物中等等。这方面的理论研究，又反过来指导实践，例如治疗高血压的利血平，原在印度的萝芙木中发现，现在已在该种植物属中的 28 种植物和该属近缘属的三个属中发现。制作可的松激素原料的甾体皂甙，不仅在薯蓣属的 80 种植物中有这种成分，而且在近缘科的一些植物中也有发现。这方面的研究，目前已发展为一门“化学分类学”。植物各种化学物质在植物科属中的分布同植物的系统发育密切关联。因此，利用自然分类系统的理论，可以改变过去的盲目筛选植

物资源的状态。毛主席指出：“许多自然科学理论之所以被称为真理，不但在于自然科学家们创立这些学说的时候，而且在于为尔后的科学实践所证实的时候。”“辩证唯物论之所以为普遍真理，在于经过无论什么人的实践都不能逃出它的范围。”进化论之所以正确，是它包含着有朴素辩证法的因素。达尔文学说对于生物学发展的贡献，正如列宁所说的：“达尔文推翻了那种把动植物种看做彼此毫无联系的、偶然的、‘神造的’、不变的东西的观点，第一次把生物学放在完全科学的基础上，确定了物种的变异性和承续性”。换句话说，进化论是系统动物学和系统植物学的基础理论之一。

### 三、生命的起源及进化历程概观

宇宙是物质的。物质由于其内部固有矛盾的推动而不断地运动着，处于永恒的发展过程中。构成宇宙的任何具体的物质形态，大至天体，小到“基本粒子”，都有自己的发生发展和衰亡的历史。它们由别的物质形态转化而来，又要向别的物质形态转化而去。即各有自己的“生”和“死”。宇宙(总体)的无始无终，就存在于各具体物质形态(分体)的有始有终的不断转化过程中。转化是有规律的，有条件的，人可以认识它们。

在我们已知的宇宙范围内，物质的发展史，即自然发展史，通过了两次大分化，经历了三个大阶段：第一，天体发展史，即无机界的发展史；第二，地球上生物的发展史，即有机界的发展史；第三，人类社会发展史。后一个发展阶段，是前一个发展阶段的继续，又是在前一个发展阶段基础上飞跃产生的新质态。目前，三大阶段同时共存，相互制约，向前发展。



这一节要讨论的生命起源及进化历程,即生物界发展史,是从天体到人类整个自然发展史的中间环节,具有承上启下的意义。

### (一) 生物的基本特征

本书的前面部分,讨论了植物、动物、微生物三大类生物,生物体的结构和功能单位——细胞,生物的遗传、变异和进化。你也许会觉得:“生物,太繁了!”的确,生物的种类既是如此繁多,各种生物的外部形态、内部构造、生理功能、营养类型、繁殖方式、生活习性等等,又是如此繁杂。但是,杂乱有章。从这样一大堆多而杂的东西里,可以拎出它们的基本特征。

所谓基本特征,应具备这样的性质:(1)对生物界来说,它适用于全体生物,是所有生物的共性,借以把整个生物界统一起来;(2)相对于非生物界来说,它是特殊性,借以把生物界和非生物界区分开来;(3)它是有起源能发展的,从而把生物界和非生物界又联系起来。一句话,就是要把生物放在整个自然发展史的长河中加以考察,找出它的基本矛盾来。

矛盾离不开物质的运动。生物的基本矛盾,恰恰就包含在“生物”两字之中。就是说,生物是什么“物质”?什么是“生命”物质的运动?

大约百年之前,无产阶级革命导师恩格斯,运用辩证唯物主义世界观,总结了自然科学的最新成就,批判了形形色色的唯心论和形而上学,统观宇宙之变,揭示了宇宙发展的根本规律,从而也就在根本上解答了什么是生命,它的起源和发展问题。

恩格斯指出:“生命是蛋白体的存在方式,这个存在方式的

基本因素在于和它周围的外部自然界的不断的新陈代谢，而且这种新陈代谢一停止，生命就随之停止，结果便是蛋白质的分解。”

怎样理解恩格斯关于生命的论述呢？

第一，恩格斯指出了生命的物质基础，不是任何别的什么物质形态，而是一类特殊的物质——蛋白体。恩格斯是根据当时的生物学指出这一点的。当时的生物学已知，一切生物，除最低级的以外，都是由细胞构成的；而细胞中的基本物质是原生质。低等生物，有的其原生质体中没有核；有的在其历史的一个时期，原生质可以脱出细胞之外生存一个时期；有的是一团原生质，外围以膜。当时还不知道原生质的详细的化学成分，但已知它们是以蛋白质为基础的一团胶质物。恩格斯说：“我们所知道的最低级的生物，只不过是简单的蛋白质小块，可是它们已经表现了生命的一切本质的现象。”而一切没有生命现象的物质，都没有原生质。所以，我们可以这样理解：恩格斯所指的“蛋白体”，大体上是与原生质体同类的东西，或者在发展水平上较低级一些。现在知道，构成原生质的基本化学成分是蛋白质、核酸、脂类，此外还有糖类、其他小分子有机物、水分和无机盐等，成分很复杂。原生质体的有机物成分中，就数量来说，蛋白质最多；就功能来说，蛋白质和核酸最重要；就原生质的结构来说，蛋白质和脂类最基础。至于原生质的详细结构，直到现在还没有弄清楚。

第二，恩格斯指出了生命是物质运动的特殊形式。“生命”是蛋白体这种物质形态的“存在方式”。也就是说，蛋白体的存在，表现出生命现象。凡物质都有其运动形式，没有不运动的物质。生命就是蛋白体这种物质所特有的运动形式。生命和蛋白体的关系，也就是运动和物质的关系。物质在运动

着,运动是物质的属性。同样,蛋白体在活着,生命是蛋白体的属性。生命不是一般的运动形式,而是自然界中最高级的物质运动形式。

第三,恩格斯指出了生命这种运动形式的基本矛盾。大家知道,运动即矛盾。同样,生命也是矛盾。“一切生物所共有的这些生命现象究竟表现在什么地方呢?首先是在于蛋白体从自己周围摄取其他的适当的物质,把它们同化,而体内其他比较老的部分则分解并且被排泄掉”。由此可见,生命的基本矛盾就是通过摄食和排泄来实现的新陈代谢。

生物的新陈代谢,是“同化”和“异化”的对立统一。就生物与外界环境之间的关系而言,同化就是吸收物质和能量,异化就是向环境排出物质和能量,从而一刻也不停顿地与外界进行着物质交换和能量交换。就生物体本身而言,同化就是合成自身,异化就是分解自身,从而一刻也不停顿地建设自己,又破坏自己。如此说来,吸收与排泄,合成与分解,建设与破坏,一句话,同化与异化,这两个方面岂不是相互矛盾着对立着吗?它吸收物质,同化能量,把自己建设起来,岂不是很好吗?为什么又要破坏自身呢?原来,同化与异化是统一的,两者相互联结,相互依赖,相互渗透,相互贯通,互为条件,相反相成。没有同化,异化就不能进行;没有异化,同化也不能存在。简言之,因为:①从外界获取物质和能量的动作以及维持本身的存在,需要消耗体内的能量;②吸收进体内的物质,要经过一系列的转化才能合成自身,这个转化与合成的过程要利用体内原有的物质和能量。同化过程所需要的这些物质和能量,是异化过程所提供的。所以同化过程要依赖于异化过程,异化过程所产生的物质和释放的能量,渗透到同化过程中去;③异化过程所分解的物质,是同化过程所制造的;④



异化过程所释放出来的能量，是同化过程所蓄存起来的。所以异化过程要依赖于同化过程，同化过程所制造的物质和蓄存的能量，贯通到异化过程中去。“一切对立的成份都是这样，因一定的条件，一面互相对立，一面又互相联结、互相贯通、互相渗透、互相依赖，这种性质，叫做同一性。一切矛盾着的方面都因一定条件具备着不同一性，所以称为矛盾。然而又具备着同一性，所以互相联结。”就这样，同化和异化既是矛盾着，又是统一着，各以对方的存在为条件。这对矛盾的存在和发展，推动着生物体中的物质和能量不断地更新，构成了新陈代谢。这就是生命的运动形式。

那么，又为什么说，新陈代谢或同化与异化这一矛盾，是生物的基本矛盾呢？这是由这个矛盾的性质所决定的。因为，这一矛盾是决定生物之所以为生物的矛盾，是生物的生死矛盾。生物的其他特征，诸如生长发育、遗传变异、感应性、适应性、生殖活动等等，都要建立在这个矛盾的基础之上，才可能存在。

第四，恩格斯指出了生包括着死。死是对生的否定，而生命的否定包括在生命存在之中。“生命总是和它的必然结果，即始终作为种子存在于生命中的死亡联系起来考虑的。辩证的生命观无非就是这样”。任何事物，当其存在的时候，本身都包含着否定自身存在的因素。这一点，对于生物来说，特别明显。

生和死是蛋白体的机能。这是为同化与异化这一矛盾所规定的。“生命首先正是在于：生物在每一瞬间是它自身，同时又是别的东西。所以，生命也是存在于物体和过程本身中的不断地自行产生并自行解决的矛盾；矛盾一停止，生命也就停止，死亡就到来”。这就是说：(1)生转化为死。任何生物个体



最终都要死亡,生物转化成死物。(2)死转化为生。生物是所谓“开放体系”,即要跟外界进行物质和能量交换。从外界获取物质和能量,通俗的说,要“吃饭”。凡是吃进生物体中的“饭”,都是死物。自养生物(如绿色植物生活于自然环境中),低等的异养生物(如细菌生活于培养基中),它们吃的是死物(无机物、有机物),自不待言。老虎吃活鹿,先杀死(个体),再消化(杀死细胞),分解成各种分子,都是死物了,然后把把这些分子同化成自己的原生质体,活了。死物转化为生物。(3)死构成生,生高于死。任何分子,包括原生质体在活着的时候它所含有的一切分子成份,都是死物。但是,活,不是分子水平上的现象,而是原生质体(或者,蛋白体)这种高级水平的物质形态的运动形式。而这种高级的运动形式,即活态,恰恰是一系列的死物分子在不断地参与同化与异化,不断地新陈代谢的综合表现。生命乃是建筑在死物基础上的高级物质的高级运动形式。这种高级的运动形式,由一系列顺序的酶促生物化学反应所组成,并且能够自我调节。(4)生死同在,相斗争而发展,平衡又不平衡。同化能够合成生物体,是生物的肯定因素;异化能够分解生物体,是生物的否定因素。生物在生长过程中,同化大于异化;在衰老过程中,异化大于同化;即使是在中年时期,也只是处于相对平衡中,不断地建立平衡又不断地打破平衡。这种生死斗争的过程,是自我完成的,不是由于外力造成的;是生物体本身固有的,不是由于从外面造成的过程引起的。

所以,恩格斯说:“生命是蛋白体的存在方式,这种存在方式本质上就在于这些蛋白体的化学组成部分的不断的自我更新。”由于同化与异化这对矛盾在斗争着又联结着,使有机体的化学成分发生不断的自我更新,才能使有机体同时在活

着——“是它自身”，又在死着——“是别的东西”；才能够把外界的死物转化成活物；才能够把自身的活物转化成死物；才能够导致自身的最后死亡，这时同化与异化这一矛盾也就停止了。

第五，恩格斯指出了生物和非生物跟环境关系的本质区别。非生物(如岩石)与环境相接触，要破坏(岩石风化)；从环境中孤立起来，可以长期地保存自己。而生物则恰恰相反，它从环境中孤立出来，就要死亡。无机体当然也有自己的新陈代谢，但其结果却是破坏了自己；而有机体的新陈代谢，却是它们生存的必要条件。生物只有生活于环境之中，与周围外界不断地进行物质和能量的交换，才能不断地自我更新，保存自己。生物与环境之间的这种矛盾关系(物质和能量交换)，乃是其内部矛盾关系(同化与异化)的外化表现，并取决于内在矛盾——内因。正因为内部的物质和能量在不断的自我更新，才需要与环境进行不断的物质和能量交换，吐故纳新。正因为内部代谢是建立在特定性质的物质基础之上，才需要从外界有选择地吸收特定的适当的物质成分，而不是别的物质成分。外因是条件，内因才是根据。

## (二) 生命的起源

地球上的生物最初是从哪里来的这个问题，自然科学上叫做“生命起源”问题。生物是由死物转化而来的。恩格斯指出：“生命是整个自然界的結果”，蛋白质“是在整个自然联系所给予的一定条件下产生的”，“是作为某种化学过程的产物产生的”。又说：“生命的起源必然是通过化学的途径实现的”。恩格斯的这些教导，不单单指出了地球上生命起源的实际过程，也不仅指导人们在思想上应当如何正确地去认识这个问

题,更重要的是,提出了人工创造生命这个重大的历史任务,并且指出了实践上解决这一任务的方向和道路。

通过“化学进化”的途径诞生出生命来,是自然界物质发展的一次大飞跃,由此产生了生物,此后才有可能通过“生物进化”的途径,发生另一次大飞跃,出现人类,达到物质自己认识自己的新的发展阶段。

地球上生命起源于约 30 多亿年以前,时间久远,似乎难以留下起源过程的明显物迹,不容易用发掘“遗骸”的方法去追溯它。自然史的具体过程无法重演,但是自然规律可以再现。人们参考地球形成初期和其他天体的资料,用实验方法“模拟”这个过程,乃至可以在现代条件下用化学合成的方法重演生命起源的规律。

根据现代科学资料,生命通过化学途径起源,从化学元素算起,应当经历这样一些大的质变阶段:碳元素→碳氢化合物→蛋白质和核酸的“单体”(氨基酸,核苷酸)→多聚体(蛋白质,核酸)→多聚体的多分子体系(蛋白质和核酸以及其他必要物质构成的体系)→蛋白体(原始生命物质)。目前,对于前三个阶段,实验上有若干证据;后两个阶段,则是探索和猜测。

1. 从碳元素到碳氢化合物及其他氢化物的形成 生物体中没有什么生命所特有的元素,构成生物体的全部元素都存在于无机界中。原生质体的化学成分分析表明,组成生命物质的元素主要有六种——碳、氢、氧、氮、硫、磷,它们处于元素周期表的右上角(氢的位置可以变动)。这个重要事实说明,这些元素的原子结构和性质,足以通过化分与化合的化学矛盾运动,形成生物体中的有机成分。特别是碳素,不仅能够与其他元素相化合,而且能够自己连结成长链或环,成为有机物的基本结构骨架。这些元素也能够转变成甲烷( $\text{CH}_4$ )、氨



( $\text{NH}_3$ )、水( $\text{H}_2\text{O}$ )等简单的物质。促成这个转化的条件,在原始地球上是在存在的。

现代科学认为,地球大约有 50 亿年的历史。关于地球形成的过程,一些假说认为:最初是气体,后来是液体,最后成固体。起初,整个太阳系是一团很热的旋转很快的气团,含有各种元素,呈游离原子状态存在,以氢为最多。以后由于引力的作用,大部分气体集向中心,形成太阳,其余部分则分别形成各行星和卫星。形成地球的那部分气团继续旋转,较重的原子如铁、镍等集聚到中心,次重的原子如硅、铝、磷、硫等则组成第二层,较轻的原子如氢、氧、氮、碳则处于外层(现代大气层几乎全由这四种元素组成)。以后,气团的温度逐渐下降,游离的原子化合成分子,逐渐形成地壳和大气层。大气层中的氢分别与其他三种化合生成甲烷、氨、水。从地球内部经常冲出的熔化岩石和重金属,含有金属的碳化物和氮化物,它们与大气中水蒸汽化合,也能产生碳氢化合物和氨。

光谱分析指出:表面温度很高(约  $15000\sim 22000^\circ\text{K}^*$ )的星球上,碳素以离子状态存在;表面温度略低(约  $13000^\circ\text{K}$ )的星球上,碳素以原子状态存在;表面温度约  $10000^\circ\text{K}$  的星球上,开始发现最简单的碳氢化合物  $\text{CH}$ ;太阳表面温度约  $6000^\circ\text{K}$ ,有  $\text{CH}$  及其他较复杂的碳氢化合物。木星、土星、天王星、海王星等大行星的大气层中都有甲烷。大卫星(如提坦\*\*)上也有甲烷。落到地球上的天体——陨石的成分中有简单的和复杂的碳氢化合物,乃至有碳氢化合物的氧化物、氮化物、硫化物,有的化合物与地球上生物体中的化合物很相似。近来,发现在星际空间有大量的甲醛( $\text{HCHO}$ )这样的比碳氢

\*  $^\circ\text{K}$ : 绝对温度,  $\text{K} = \text{C} + 273.16$ 。其中  $\text{C}$  为摄氏温度。

\*\* 提坦是土星最大的卫星,是太阳系里最大的、唯一确定有大气层的卫星。



化合物更复杂的有机物。这些事实，旁证了地球形成初期已应有碳氢化合物。现在甚至有人认为，在地球和其他行星形成之前的准备物质中，已有了有机物。“分子进化”可能比过去设想的更早(表 28)。

表 28 天体上的“分子”

星际空间	CH, HCHO, CN, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, CO, OH, H <sub>2</sub> , HCN, CH <sub>3</sub> OH, HCOOH 等
红巨星	CH, CH <sub>2</sub> , CO, CN, H <sub>2</sub>
太阳大气层	CH, CH <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , CN, H <sub>2</sub> , SiH, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, S <sub>2</sub> 等
金星大气层	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> 等
火星大气层	N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> 等
木星、土星大气层	H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> 等
天王星、海王星大气层	CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> 等
提坦星大气层	CH <sub>4</sub>
彗星大气层	C <sub>2</sub> , CH, CH <sub>2</sub> , CO, CN, OH, NH, N <sub>2</sub> 等

2. 从碳氢化合物到含氧含氮化合物及单体的“模拟”合成 由碳氢化合物过渡到碳氢氧化合物(糖、脂肪酸),特别是到氮化物(氨基酸、嘌呤、嘧啶、卟啉),是重要的质变。这一质变已用许多模拟实验予以证明,原则上没有疑问了。

五十年代初,有人模拟原始地球的物质条件和能量条件,用甲烷、氢、氨、水四种物质的混合物,通过放电制成了五种氨基酸——甘氨酸、丙氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、 $\beta$ -氨基丙酸。以

后,用紫外光、电离辐射、加热等能源,从少数几种小分子物质合成了许多种氨基酸(表 29)。到现在,组成蛋白质的 20 多种氨基酸都已模拟合成。六十年代以来,核酸的单体(嘌呤、嘧啶、核糖、核苷酸)相继模拟合成。参与新陈代谢的重要酶促反应的辅助物质——卟啉,也已模拟合成。

可见,只要条件具备,有相应的原料和能源,就可以从简单的有机物转化到较复杂的有机物,合成那些构成高分子有机物的单体。在原始地球上这些条件是存在的。

现在一般认为,原始大气层是地球上有机物质的来源。它含有简单的碳化物、氢化物、氮化物和水汽,但缺乏游离氧,叫做“还原态大气”。合成较复杂的有机物所需的能源,则来自太阳辐射(特别是短波紫外线)、地壳的放射能、闪电和磁力,火山的熔岩可以提供热力。大气中的简单有机物和单体物质,可以通过降雨落到地面和原始海洋中。

3. 由单体到多聚体及蛋白质和核酸的形成 有了单体,进一步的质变就是许多同类的单体聚合生成多聚体,例如由氨基酸聚合成蛋白质。由嘌呤、嘧啶、核糖形成核苷酸已由实验证明;由核苷酸聚合成核酸,可能更复杂一些,这一阶段目前正在大力研究。

有人把构成蛋白质的 18 种氨基酸,加以不同的组合,在干燥的条件下,加热达  $100^{\circ}\text{C}$  以上,  $200^{\circ}\text{C}$  以下(模拟火山熔岩、温泉等地的地温),这些氨基酸就自动地聚合起来,形成分子量高达数千上万的多聚氨基酸——“类蛋白质”。这种干热缩多聚物有下列性质: ①多聚物中氨基酸排列的次序不是完全随机的,而是有某种程度的有序性,产物中的分子品种并不很多。这说明,没有核酸作为“样版”,氨基酸不是混乱的聚合的。从而推测,在没有核酸的时候,可以先形成原始的蛋白

表 29 模拟合成的一部分“单体”物质

原 料	能 源	产 物 种 类
CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O 富马酸铵 CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O 醋酸铵 碳酸铵 CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O NH <sub>3</sub> , HCN, H <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O CH≡C-CN, HCN, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O	放 电 加 热 放 电 γ-线 β-线 X-线 紫 外 线 加热(70°C) 快速电子流 加热(1000°C) 加热(100°C)	十几种氨基酸
HCN, NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O 苹果酸, 尿素, 聚磷酸	加热(70°C) 快速电子流 加热(130°C)	嘌呤, 嘧啶
HCHO, CH <sub>3</sub> CHO 甘油醛, 乙醛, Ca(OH) <sub>2</sub> HCHO	加热(50°C) 紫 外 线	核 糖 脱氧核糖
腺苷, 聚磷酸脂 核苷, 磷酸盐 核苷, 聚磷酸	紫 外 线 加热(160°C) 加热(22°C)	核 苷 酸
吡咯, 苯醛 吡咯, 甲醛等物质 CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O	γ 射 线 放 电	卟 啉

质；核酸似乎是比较蛋白质晚出现的。②有初始的类似酶促的活性，如水解、脱羧、胺化、脱氨等。当供给血红素时，类蛋白能够跟它结合起来，形成平均分子量 18000 的“类血红素蛋白”，它有类似过氧化物酶的活性，从而可以探索酶的起源问题。③不同品种类蛋白，可以相继地增强几个连续的生化反应，出现了某种顺序性。例如，在现代细胞代谢反应中起关键作用的丙酮酸，可以被多种类蛋白引起氧化脱羧和胺化反应，组成一定的反应序列。从而可以探索代谢作用的起源。④放在瓶中藏于实验室 5~10 年，仍保存类酶活性。这一点似乎可以说明，原始地球上形成的蛋白质，有相当长的寿命，足以等待进一步演化所需要的条件的到来。⑤把它放到水里（模拟原始地球下雨），能形成“类蛋白微球”。它们成群的存在，相当稳定，大小一致；能进行“接合”；可以革兰氏染色（阳性，阴性）；能“分裂”和“出芽”，芽落下后能从溶液中聚集其他的类蛋白形成“微球”；有双层膜，能通透小分子有机物，不通透大分子物质（如多糖），显示出一定的选择现象；内部的物质不是完全均匀分布的，似乎有间隔，有超微结构；等等。但是，它不能够自我合成。

看来，生命起源的化学进化途径似乎是这样：起始于大气（大气层的有机物，乃至单体）→降落到地表（单体聚合成多聚体）→入水而成活（演化成生命）。过去一般认为的“生命起源于水”，似乎是进化后期的事情。生命最后在水中完成，有它的原因。生物体中必须含有大量的水分，水中溶有各种有机物和无机盐，这些物质在早期参与生命的起源过程，生命形成之后，又作为原始生物的食物；原始生物在水中才能有充分活动的余地；水可以保护多聚体和原始生物，免于被太阳光中强烈的短波紫外线破坏和杀死。



4. 由多聚体到多聚体多分子体系 形成了多聚体,下一个阶段应是不同种类的高分子有机物(蛋白质、核酸等)聚合成多分子体系。这个阶段还没有纯人工合成的实验。有人把从生物体得到的多肽、多核苷酸、多聚糖等混合起来,在水中得到多分子体系——“团聚体”。此种体系与环境有明显的界限,能够选择性地吸附染料、氨基酸、糖等。把从生物体得到的酶加到团聚体中,能够加速氧化、还原、磷酸化等反应。例如,把葡萄糖转化酶和 $\beta$ -淀粉酶加到团聚体中,能把由外界溶液扩散进来的葡萄糖-磷酸酯合成淀粉,再分解成麦芽糖,扩散到环境中去,从而引起物质不断地流经团聚体,在适当的条件下,能增加其体积和重量。但这种团聚体不稳定,大小也不一致,里面的反应是外加酶引起的,并不是什么代谢作用。

5. 由多聚体多分子体系到蛋白体 这个进化阶段是关键阶段,是生命起源的最后的飞跃过程。但现在还没有实验根据,这个进化是如何实现的,只是一些推测了。

人工合成生命,看来还有很大的距离。但是,生命起源问题,本质上就是物质运动由化学运动形式跃进到生命运动形式的问题。由化学运动到生命运动,是物质发展到一定阶段时所必然发生的质变,是绝对的客观规律。但是这个规律的具体实现的过程,却又有相对性。其他星球如果有生命的话,它的起源过程,具体条件不会完全同地球上生命起源的过程一样。关于生命起源的“模拟”实验,即使将来成功了,也不会与原始地球上生命起源的情况完全一样。所以不能够仅仅局限于模拟实验,也可以而且应当在现代条件下,进行化学合成。早在上个世纪,恩格斯就满怀信心地明确指出:“近代化学家声称:无论什么物体,只要知道它的化学结构,就可以按它的成分把它构造出来。我们现在还远远地不知道最高有机物即蛋

白体的结构;但是没有理由说,我们在几个世纪以后还不能达到这种认识,并以这种认识制造出人造蛋白。如果我们达到了这点,我们同时就制造出了有机生命,因为生命,从它的最低形式直到最高形式,都只是蛋白体的正常的存在方式。”所以,研究生命起源问题和这个飞跃过程的最后证明,就是用化学方法合成具有新陈代谢的蛋白体。在毛泽东思想指引下,我国于1965年在世界上首次合成了具有生物活性的第一个蛋白质——结晶胰岛素。这个工作的重大意义在于,为人工化学合成生命的事业,开辟了新道路。

### (三) 细胞的起源

原始生物是生活于溶有无机物和有机物而缺氧的水中。它们是没有细胞结构的蛋白体,具有简单的外膜,与外界区分开并发生物质交换。其内部物质,在分子水平乃至亚显微水平上已分化,但从更高的聚集态来看,却处于相当均一而分散的状态。它们用分裂方式进行繁殖。它们的营养方式是异养的,不能把无机物合成有机物,其同化作用是由外界汲取现成的有机物以建造其自身。它们过着缺氧的生活,不能把食物彻底分解以获取充分的能量,其异化作用是类似于糖酵解(或发酵)的方式,能量利用的效率很低。这种类型的同化和异化所造成的代谢方式,决定了它们对于无机界的依赖性很大,主动性很小。

后来,随着同化和异化的发展,在形态结构上发生着相应的变化。其外膜的成分和结构逐渐复杂而精细,内部的结构物质逐渐极化,出现了具有不同功能的颗粒:核质、核蛋白粒、氧化粒等等,形成了原始的“原核类细胞”。

由于原核类细胞的结构还很原始,内部分化的程度很低,

其结构和功能都存在着向各个方向发展的可能性。有的在细胞膜外分泌出粘多糖性质的细胞壁,发展成后来的细菌。有的则分泌出纤维素性质的细胞壁,发展成后来的某些种类植物的细胞。有的则不分泌细胞壁,体形可以变化。内部结构方面的一个重要分化,是出现色素粒,能够吸收太阳光,并把光能用于同化作用。起先,把光能运用于同化有机物;以后用于同化二氧化碳,利用有机物作还原剂;后来,是把光能运用于由无机的氢化物(如硫化氢)去还原二氧化碳的过程,制造有机物,出现了类似后来的“细菌光合作用”那样的功能,而色素粒也发展成细菌载色体那样的东西。这是同化作用进化中的一次质变,标志着生物体可以用无机物自己制造有机食物了。但是,这种形式的同化作用,没有大发展的余地,因为环境中可供使用的原料(例如硫化氢)很少。这个方向的发展,到最后是在结构上出现现象叶绿素和叶绿体那样的东西,在同化作用上是把光能运用于由水去还原二氧化碳,制造有机物,即出现了象后来的绿色植物的光合作用那样的功能。光合作用的出现,是生物界同化功能发展过程中的最重大的质变。由于环境中的阳光和水分,取之不尽,用之不竭,有机物的制造,就可以大幅度地增长,食物的来源问题解决了。所以自养生物的出现,标志着生物界同化本领大大提高了,不再依靠无机界提供现成的有机物生活了。对外界的依赖性减小了,独立性和主动性增加了。由异养生活过渡到自养生活,由异养生物分化出自养生物,是生命向细胞进化过程中的一件大事。自养生物为其本身和异养生物提供了充足的食物,从而大大加速了生物界的发展。

由于光合作用,大气中氧的成分渐渐增多了,导致了大气的组成和性质发生了变化。氧能把甲烷氧化成二氧化碳,能把氨氧化成氮,大气中的甲烷和氨逐渐被氧、氮、二氧化碳所



代替,由原始的还原性的大气,转变成现代的氧化态大气。同时,大气中氧的增多,导致臭氧的增加,形成了臭氧层,阻止了太阳辐射中短波紫外线射入地表,为后来生物由水登陆能够在陆上生活,创造了条件。

大气中氧的积累,也为生物的异化功能向前发展创造了条件:由无氧生活过渡到有氧生活,出现了呼吸作用。无氧的酵解作用,只能利用食物(如葡萄糖)中总能量的3%,而有氧的呼吸作用,能够把食物彻底分解,能量利用率高达60%,效率提高20倍。所以,由无氧酵解进化到有氧呼吸,从嫌氧生物分化出好氧生物,标志着生物界异化能力大大提高了,对无机界的依赖性进一步减小了,主动性更增加了。这是生命向细胞发展过程中又一次重要质变。这两次质变,反映了生物界的同化和异化的方式,从简单到复杂,由低级向高级的发展。

随着光合作用和呼吸作用以及其他生理过程的发展,生物的形态结构也发生了相应的变化,由原核类细胞分化出“真核类细胞”,出现了细胞核和核仁。原核类细胞中较分散的原生质体,由于核质的集中成核,并外围以核膜,分化成两部分:细胞质和细胞核。内部的矛盾集中了,强化了。细胞质的分化,形成内膜系统(内质网)和各种细胞器——叶绿体(营光合作用),粒线体(营呼吸作用),核蛋白体(营蛋白质合成),中心体(参与有丝分裂),溶酶体(含有消化酶),等等。繁殖方式也由无丝分裂进化到有丝分裂。于是,由原核细胞的作为内部诸不同颗粒之间的矛盾统一体,转化成为真核类细胞的作为内部细胞核与细胞质以及各细胞器之间的矛盾统一体。新的矛盾又推动着单细胞的分化及其向多细胞发展。

生命发展到细胞阶段,已表现出结构和功能的复杂性,特



别是代谢方式更是多样化。有自养的，有异养的；有好氧的，有嫌氧的；有原核类，有真核类；有动物，有植物，以及它们之间的各种中间类型，从而显示出生物界错综复杂的矛盾关系。自养生物的光合作用本身就是一个同化（把二氧化碳合成糖类）和异化（分解水，释放氧）的对立统一过程。动物和植物的呼吸作用本身，也是同化（吸氧）和异化（分解有机物）的对立统一过程。而对于自养生物的个体来讲，光合作用又是其新陈代谢的同化方面，呼吸作用是其异化方面，光合与呼吸两者又构成了一对矛盾。对于异养生物来说，它们与自养生物成为矛盾，它们最终以植物为食，吃进植物（即间接地利用光合产物）是其同化方面，呼吸是其异化方面，光合与呼吸两者构成矛盾。扩而大之，从整个生物界来看，无机界的碳素和能量，通过植物的光合作用进入生物界，通过动植物的呼吸作用又回到无机界，因而光合与呼吸又构成整个生物界的同化与异化的矛盾。这一矛盾，为生物界向前发展，提供了物质和能量基础。

目前，关于细胞的起源问题，西方资本主义国家的生物学界有一种观点颇为流行，叫做“共生融合论”。这种观点认为，细胞是这样来的：“具有互补代谢功能的诸有机体，变成共生的联合，最后融合成为更高组织化的细胞。”他们认为叶绿体和粒线体原来都是独立存在的有机体，后来共生，最后融合成一个细胞；两个单细胞，又通过共生再融合成为更高级的细胞，从而“高等生物体内的那些更加复杂的细胞，当是起源于两个有机体的首先共生，最后共享同一的原生质。”这种观点，表面上似乎也承认细胞是有起源的，有发展的，而且是由简单到复杂，由低级到高级的发展。但是，它把细胞的起源和演化过程，不是看成由于内部矛盾的斗争而不断的分化过程，相反，

却统统看成是一连串的两两加合的“合二而一”的过程。这是最露骨的形而上学发展观。

共生现象，“融合”(例如受精过程)现象，在生物界是存在着的。但这恰恰是矛盾的关系，斗争的关系，决不是矛盾调合的关系。至于叶绿体和粒线体，早先是不是独立的有机体或有机体的一部分，然后共生融合到一个细胞里去，这是一个具体问题，目前正在研究，尚未作出结论。但是，共生融合论是一种发展观，这种观点是错误的。即使叶绿体和粒线体早先是两个独立有机体，后共生融合成一个细胞，那也不能说明所有细胞的起源都是这样。把生物体中的全部细胞的来源都看成是由独立的有机体融合而成，肯定是错误的，那是找不到事实根据的。

#### (四) 植物种系的进化

在生物向细胞发展的过程中，发生了生物界的一分为二。出现了原始的单细胞植物和动物。一般认为，动植物有共同的祖先，它们是由原始的有鞭毛的单细胞生物分化而来的。原始鞭毛细胞，生活于水中，能够游动，进行异养生活，因体内含有光合色素，又能进行自养生活。后来按两个方向发生分化：(1)自养功能的加强和运动功能的退化，进化到单细胞绿藻，由之发展成植物界；(2)运动功能和异养功能的增强，自养功能的退化，进化到单细胞原生动物，由之发展成动物界。一部物种进化史，就是“从一个简单的细胞开始，怎样由于遗传和适应的不断斗争而一步一步地前进，一方面进化到最复杂的植物，另一方面进化到人”的历史。这部历史经历了一系列的量变和质变。

植物界的种系进化(即系统进化)以绿色植物为主干。现

存的最简单的绿色植物，是具有鞭毛能在水中游动的单细胞绿藻。它们都是真核生物，比蓝藻和细菌进步得多。当同化大于异化时，细胞的体积逐渐增加。由于体积和面积之间存在着矛盾，细胞质呈立体增长，细胞膜只是平面增长，当细胞体积增大到一定量时，通过细胞膜进行物质交换的速度，就不能满足细胞体积继续增长的需要。矛盾激化，导致细胞发生分裂，一分为二，进行繁殖。单细胞绿藻多是用无性孢子( $2n$ )繁殖的，但已开始向“有性生殖”转化，由“配子”( $2n$ )接合成“合子”( $4n$ )，再经减数分裂，形成孢子( $2n$ )，出现了所谓“核相交替”现象。这是一个进步，可以抵抗不良环境并可使有机体“复壮”。但是这种类型的“有性生殖”，只不过是对于无性繁殖的补充罢了。

在单细胞阶段，细胞内部无论如何分化，总是停留在低级的水平上，象现存单细胞生物那样，微小的体积限制了它们向高级发展。要突破体积和面积的矛盾，唯一的出路是过渡到多细胞，而过渡到多细胞的根据是存在的，这就是细胞能够分裂繁殖。分裂繁殖出了许多单细胞，就有可能联合成疏松的群体，并进而发展成多细胞个体。多细胞生物，其体积才能不断增大，形态才能富于变化，才能克服环境中水分子的冲击力；其内部结构才能不断复杂化，细胞才能特化而分工，分化出不同结构和功能的细胞、组织和器官。一句话，才能由低级不断地向高级发展。没有多细胞的集合，不能设想长达70米的巨藻和高达150米的桉树。所以，由单细胞过渡到多细胞是物种进化过程中的一个重要质变。“绝大多数有机生物都是多细胞的，是集合了许多细胞的复合体，这些细胞在低级有机体中还是同类型的，而在高级有机体中就具有了愈来愈不同的形式、类别和功能”。



多细胞绿藻有几个平行的发展方向,其形态结构、运动情况和繁殖方式各不相同,但有共同的发展趋向:①由少数细胞集合体到许多细胞的集合体。②由多细胞群体到多细胞个体。③细胞特化而分工,出现了专司营养的营养细胞和专司繁殖的生殖细胞。由同一个细胞既管营养又管繁殖,进化到由不同的细胞来执行这两个基本功能,是一大进步,开辟了细胞之间的功能分化的道路。此后,营养细胞的数目越来越多,并构成营养体(即植物体),生殖细胞的数目相对减少,这样既利于植物体的生长,又利于繁殖后代。④营养体由游动到固着不动,有利于在它适宜的环境中安家落户,发展生产。⑤繁殖方式的进化更加剧烈,由无性的孢子繁殖(母细胞分裂成多个孢子,离开母体后各发育成一个新个体)到有性的配子生殖(两个生殖细胞即配子相结合,发育成一个新个体),而有性生殖方式又由同宗配合(同一个体经无性繁殖的后代所产生的配子相结合)到异宗配合(不同个体的无性繁殖的后代所产生的配子相结合);由同配生殖(两个配子的形态相同)到异配生殖(两个配子的形态有差异),再到卵式生殖(精子和卵子相结合),一步一步地由低级向高级发展。

繁殖方式发展到最高级,在某些种类里,把无性的孢子繁殖和有性的配子生殖两种方式串联起来,出现了所谓“世代交替”现象。孢子体( $2n$ )和配子体( $n$ )两种世代的交替发育,为植物界的进一步飞跃,占领多种多样的富于变化的生态环境,打下了极其广阔而深厚的基础,植物的主动性大大地增加了。所以,世代交替现象的出现是植物界进化过程中的一次重大质变。全部高等植物无例外的具有世代交替这一事实,充分地说明了这一点。

在地质史上称为原古代的后半期(约距今 13 亿年左右),



原始海洋里生活着许多种类单细胞绿藻。后来,由它们发展出多细胞的绿藻,其中丝状藻这一类,可能是高等植物的祖先。丝状藻植物体高度分化,呈丝状、片状或筒状,固着不游动,有世代交替。在古生代的中期即志留纪末到泥盆纪,地壳发生了大变化,由于造山运动,出现了高原和盆地,气候炎热而干燥,湖泊沼泽干涸,原来生活于水中的丝藻,可能是由于水退而登陆,开始了植物界占领大陆的斗争。陆上环境,少水而多气,富光而变温,气象万千,矛盾重重。外部矛盾通过植物的内部矛盾发生作用,推动着丝状藻向陆生植物发展。

丝状藻中有一类所谓“等世代”交替的(同型世代交替),其孢子体和配子体两者的外部形态相同,同样发达,各独立生活。“等世代”有向“异世代”发展的可能性,而“异世代”者又有两种可能性:①孢子体世代占优势;②配子体世代占优势。这两种趋势究竟那种有发展前途,要看登陆的植物对环境的适应情况而定。由水上陆,环境一分为二:土地和大气,植物体也相应地分成两部分(地下部分,地上部分),生理功能也相应地分成两部分(土壤营养,空气营养)。地下部分进行土壤营养,主要是吸水问题,因为肥料要溶于水才能被吸收。地上部分进行空气营养,主要是吸收阳光和二氧化碳,进行光合作用。陆上植物的生存和发展,从结构和营养功能方面来说,主要是解决水分代谢和光合作用的矛盾问题。

由等世代的丝状藻向两个方向发展。一个方向是进化到有性世代即配子体占优势的苔藓植物,生于多水或湿润的地区。配子体独立生活,其上有雄器和雌器,雄器产生的精子在水中游泳到雌器里与卵结合,发育成“胚”,由胚长成的孢子体寄生在配子体上,不能独立生活。由于配子体不能完善地克服吸水和失水的矛盾,而有性过程(受精作用)又不能离开水

域,这就限制了它们的发展,在陆生植物中始终占次要地位。

另一个方向是进化到无性世代即孢子体占优势的蕨类植物,其配子体虽能独立生活,但趋向退化,矮小短寿,完成有性生殖之后即行死去,而由胚发育成的孢子体则营独立生活,长寿而发达。原始的蕨类,其孢子体只有茎,没有真正的根和叶,地下茎吸收水分和矿质,地上茎进行光合作用,制造有机养料。这样的孢子体,虽不能完满地解决缺水问题,但是它有发展前途。进化到真蕨,茎的下部分化出根,茎的上部分化出大型的羽状复叶。孢子体克服缺水矛盾的能力更加提高了。不过,由于有性过程不能离开水域,有鞭毛的精子需要在水中游泳到卵那里,才能发生受精作用,所以蕨类多生于阴湿之处,还带有某种“两栖性”,但它们克服陆生少水多气的矛盾的能力,比苔藓植物前进了一步,适应陆地生活的主动性提高了。在古生代的石炭纪,地面上高温多雨,蕨类植物甚为繁茂,有高达几十米者,是当时植物界的主流,虽然由于地壳变动环境改变,大势已去,但目前蕨类植物仍分布广泛,热带尤盛。

蕨类植物的发展方向,更能适应陆地环境。为什么?因为在它的孢子体里已开始发展出一种新东西,叫做维管系统。维管系统的发展及其伴随而来的根、茎、叶的分化,是克服陆生条件许多矛盾的一种主要适应。所以维管系统的出现,是陆生植物的重要质变。由蕨类进化到裸子植物,孢子体中维管系统的构造和根茎叶的分化,进一步发达,输水通道由管胞(死细胞)连成,输送有机养料的通道由筛胞(活细胞)连成。进化到被子植物,组织结构更加细致,上下管胞之间的底壁消失,遂成一条由根到叶的导管,水分运输更方便了;上下筛胞之间底壁上出现许多小孔,原生质连通起来,遂成一条由叶到根的筛管,有机养料的运输更便利了。根系深入土层,有固着

植物体、吸收及运送水分和矿质等的功能。茎高举地面之上，支持并展开繁茂的叶系，扩大了光合作用的内、外表面积，增多了有机物的生产量。而扁平的叶子及其镶嵌排列的方式，其特有的外部形态和内部构造，以及气孔结构，是解决吸水与失水，吸气与排气，吸光与散光，蓄能与散热，以及有机物的制造与转化，贮藏与输出等矛盾的良好器官，它是植物体内部两个生理过程即水分代谢与光合作用的矛盾斗争的产物。气孔结构的出现，一方面大大降低了水分的散失，另一方面以足够高的速度保证了蒸腾作用的进行， $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  的内外交换。况且，由于气孔有一套开关机构，又能在一定的程度上调节这个速度。气孔解决了这些矛盾，因而它也是这些矛盾相斗争的产物。

由蕨类进化到种子植物，配子体更加退化了，完全寄生在孢子体上，不能独立生活。同时，繁殖方式也改变了，由孢子繁殖进化到种子繁殖，这是又一次重要的质变。苔藓和蕨类用孢子繁殖，增加个体的数目。孢子能在陆地上传播，这是它们适应陆生的一面，但需遇水而萌，幼弱易死。种子植物用种子繁殖，种子内含幼植物体（胚，即幼孢子体），富含养料（胚乳或子叶），外有种皮保护，适于陆上传播和幼苗的生存。裸子植物的种子裸露，没有果实；被子植物的种子包藏在果实中，加强了保护，增多了传播的机会。伴随着种子的发展，出现了特殊的新结构——花。藻类、苔藓、蕨类无花，裸子植物的“花”很简单（松树的雌、雄果球），到被子植物才出现颜色鲜丽和富含蜜腺的花。花是由蕨类的特殊叶子进化而来的。花既是孢子体的一部分，又包含着配子体（雌、雄配子体已退化到只有几个细胞了），既是无性繁殖的器官（产生大、小孢子），又是有性生殖的器官（产生精子和卵子），也是有性过程的场所——雄



蕊中的花粉粒，因被风或昆虫传播到雌蕊上，萌发出花粉管，把精子输送到卵子处，完成受精作用，发育成胚，形成种子和果实。古老的裸子植物的精子尚有鞭毛，是历史的遗迹，被子植物的精子已无鞭毛，再也不需要游泳了。于是，两个世代的相互交替都在花中完成，有性过程终于完全脱离了水域。就这样，通过孢子体的不断进化和配子体的不断退化，以及繁殖方式的进化，种子植物相当完善地克服了陆上环境的重重矛盾，达到了良好地适应于陆地生活的水平。所以，从中生代到现在 2~3 亿年来，种子植物始终是陆生植物的主流，而被子植物尤其得到充分的发展，分布最广，种类最多，欣欣向荣地生存斗争在各式各样的生态环境中。

### （五）动物种系的进化

动物界也和植物界一样，其演化过程也是从简单到复杂，从低等到高等，从水生到陆生，从不适应到适应。而且动物的演化和植物的演化还存在着某些关联。

上面讲过，动物的祖先也可能是原始鞭毛虫类，以后再进化到高等一些的原生动物。原始鞭毛虫类的化石尚无实证，但从现存“眼虫”之类的鞭毛虫类群常具有动物性与植物性的两种营养方式看来，不是没有根据的。

古生代以前的原始原生动物虽已出现，但难以保存为化石。现存原生动物的种类很多，它们之中只有少数分化为多细胞群体，绝大部分是细胞内分化，具有各种复杂的细胞器官，但始终停留在低级的“原生”水平上。

从原始单细胞动物演化为多细胞的原生动物，再演变成成为有细胞分工的多细胞动物，进而分化出海绵动物和腔肠动物。



腔肠动物进一步发展,从二胚层分化为三胚层动物;体制由辐射对称转变为两侧对称,为离水登陆提供了极其有利的条件。因为两侧对称的体制,便于作定向的运动;中胚层的柔软组织可以贮存水分和养料,在陆地较干燥缺水的环境里,十分有利。

三胚层动物分为两支:一支是原口动物,包括扁形动物、线形动物、环节动物、软体动物和节肢动物等;另一支是后口动物,主要包括棘皮动物、脊索动物等。动物在长期演化过程中,细胞的形态机能逐步分化,出现组织、器官、体腔;由无体节到有体节;无附肢到有分节的附肢;特别是神经细胞由分散到集中,构造越高等越复杂。一般演化的进化的线索,已见于“动物的类群”一节。这里有必要提出的是,在古生代寒武纪时就已出现了众多的无脊椎动物门类,可惜这些动物由于缺乏硬体或硬体不坚固,在地层中难以保存,要从演化实证角度排列它们的先后次序很不容易。如果以某一类某一阶段内的演化情况看,化石资料可以查考。以昆虫为例:志留纪时就曾发现的陆生种类,到石炭纪,由于气候温暖湿润,造煤植物非常茂盛,丛林中繁殖了大量昆虫,体形十分巨大,一种蜻蜓,两翅展开长达一米。但因当时无被子植物,没有花蜜,所以吸取花蜜的蝴蝶、蜂类等尚未出现。待到被子植物出现以后,这类昆虫随之产生,种类大增。到新生代时,化石就达6千种以上,许多与现生者同属,可见其亲缘的程度。

脊椎动物起源于脊索动物。但脊椎动物比脊索动物更进步,它的中枢神经系统突出的发达,已分为脑和脊髓,并保护在脊椎骨内,前端膨大成脑壳。身体可明显地分为头、躯干和尾几部分,大多数具有特殊的运动器官——胸、腹鳍和四肢,其他器官系统相应地复杂完善。脊椎动物的出现,是动物演化

史上的大飞跃，比之任何高级无脊椎动物都要优越得多。但是，脊索动物怎样从无脊椎动物演变而来？在化石上没有直接证据。根据解剖学和胚胎学的研究，可以找到若干特点加以说明。一种观点从棘皮动物的短腕幼虫与低等脊索动物的柱头虫幼虫颇为相似这一点出发，认为脊索动物是从棘皮动物演化而来。另一种观点从真体腔的存在与器官分节等方面考虑，认为脊索动物可能起源于无脊椎动物中的高等环节动物。现在一般都认为前说较有道理。因为脊索动物和棘皮动物都是后口动物的一主支。特别从神经系统看，脊索动物的背神经发达，和无脊椎动物蚯蚓类比较，恰象来了一个翻身。现存的柱头虫脱胎于无脊椎动物，在它们身上，无脊椎动物所具有的腹神经索并未完全消失，脊椎动物所特有的背部中枢神经却已出现。不仅如此，神经索在构造上由“实”变“空”，即由“索”变“管”了。我们知道，生物的主动性虽然并不必然和神经相联系，但神经的产生和发展毕竟是动物的主动能力跃进到一个更高水平的重要标志。

脊索动物的化石代表，最著名的是属于半索动物的笔石，它们在奥陶纪到志留纪时曾盛极一时，遍及全球海域，可是现存的仅仅几种海边的柱头虫残余。

棘皮动物的幼虫也是两侧对称，非常活泼，神经系统发展水平应和脊索动物相当，可是它们的成体又复行海底固着或爬行生活，体制变为辐射对称，以致神经系统得不到充分的发展。更有趣的是，和半索动物亲缘非常接近的尾索动物，如在海鞘的幼虫体内，无脊椎动物的旧器官已进一步消失，而脊椎动物所特有的神经和脊索则纵贯尾部，外形酷似蝌蚪，背神经管前端还开始出现膨大的脑泡。可是，后来海鞘却步棘皮动物的后尘，钻到海底或海边，过固着的安定生活，身体变成茶

壶状,靠水流在体内的流过,从中摄取一些食物为生。这种逃避斗争的生活方式终于使背神经管、脑泡、脊索等进化的成果丧失殆尽。“斗则进,不斗则退”,动物在生存斗争中也是如此。

脊索动物中的无头类(文昌鱼)是现生者的代表,其体内不仅保持了背神经索、脑泡,而且得到发展,沿着身体的纵轴成为一长条。还有一条脊索沿着背神经下侧,纵贯全身,起着支撑身体的重要作用。非常清楚,这种没有脊椎骨的脊索动物进一步演化,导致脊椎动物的发生。

首先是从无头类分化出原始有头类脊椎动物。这种最原始的脊椎动物,以后分化为两支:一支是无颌类及其现存代表圆口类,都是没有上下颌的。古生代早期的“头甲鱼”,就是一类原始无颌类,它腹部扁平,背部隆起,无鳃无鳍,整个头部及大半体躯披有厚硬的骨片,故又称“甲冑鱼”。它们适于水底生活,行动迟缓,稍能浮游。另一支是有颌类,后来发展成为鱼类。从无颌到有颌,增强了捕食和咀嚼能力,这是脊椎动物的一个重要发展。最原始鱼类出现在大约四亿多年前的古生代奥陶纪。到了泥盆纪是鱼类广泛分布和繁盛的时代。从早期鱼类化石的埋藏情况看,它们都在淡水中找到。因此认为鱼类是起源于陆上水域中,然后才迁移到海洋中繁衍的。

脊椎动物演化的第二阶段是两栖类。古生代泥盆纪末期地壳强烈运动,大片陆地上升,气候环境发生了很大的变化,地面上出现了季节性的干旱。巨大的木贼、石松等乔木状的木本蕨和种子蕨,沿着广阔的沼地和许多淡水河岸生长繁殖。植物的枯枝残叶落入水中腐烂,造成严重的缺氧情况。一些河湖池沼甚至干涸无水,原来生活在水中的鱼类大批死亡,其中一支古总鳍鱼类因具有能勉强适应陆地生活的内因,终于生活下来。这些古总鳍鱼不但有鳃,而且有肺,通过内鼻孔进



行大气呼吸；具有肉质丰厚有力内藏四肢骨的偶鳍，适于把身体支撑在他物上以露出水面呼吸。在长期的适应过程中，乃分化出原始的两栖类，具肉质基部的偶鳍发展为四肢，肺呼吸代替了原来的鳃呼吸，由水栖向陆栖过渡，为脊椎动物在陆上生存和发展揭开了序幕。最早的两栖类化石发现于泥盆纪，叫“鱼石螈”，既具鱼类的特点，又有两栖类的特点，能离水而匍匐于陆地，可以说是由水登陆的先锋队了。

爬行类约在 2 亿多年前（古生代石炭纪末期），由古代两栖类分化出来。在古生代石炭纪很大范围内的气候是潮湿、温暖，并比较稳定。但到了石炭纪末期开始变坏，从该时期树干化石的年轮情况可以看出，当时还出现寒冷的冬季。在石炭纪和二叠纪交替期间，地壳又发生很大的地质变化，此后有很大面积的陆地变为干燥，许多地方气候炎热，形成了广阔的沙漠。古代两栖类在长期适应这种由潮湿变为干燥的生活环境中逐渐形成新的适应构造，首先是富于腺体的皮肤演变为厚角质板，皮肤腺退化，防止体内水分的蒸发；另外，在生殖方面也有了变化，卵具有坚固的卵壳，以免受空气干燥的影响，这就使这些动物能完全脱离水中的生活而适应陆上生活。

爬行类一经出现，便迅速地在中生代大量地繁殖起来，发展为各种各样的恐龙（图 336）：在地面上爬行的是身材长达十多米的巨型恐龙；在空中飞行的是翼龙和翼齿龙；在水中游泳的是鱼龙等。这些动物大小不一，食性多样，广布地球，俨然成为当时世界的“霸主”，于是，人们更形象地把中生代称为“爬行动物时代”。但是，很长的时期，地形、气候变化不大，古代爬行类因过于狭窄的适应，使身体机构愈来愈特化，如体大头小，前肢短小，后肢粗大，食量过大，生殖率低等等，结果是物极必反，在繁盛中早就隐伏着危机，一当地球的环境条件起



了变化，“龙”的种种特化，在生存斗争中都转化为不利了。更由于爬行动物对气候的依赖性比较大，对当时造山运动所引起的气候的剧烈变化就难于适应，所以到中生代末期大部分种类都趋于灭绝了。现在幸存的有龟、蛇、蜥蜴、鳄鱼四类。



图 336 中生代爬行动物

哺乳类和鸟类先后从古爬行动物演化而来。前者最初出现于中生代中期，约2亿年之前。原始哺乳动物体小如鼠，在“庞然大物”统治的中生代中显得渺小，但却是发展中的新生力量。它们的脑通过自然选择更加进化发展，并且具有温血性、胎生哺乳的无比优异的内因。因此，中生代末期，在与爬行类的生存竞争中得到胜利。到第三纪时，终于在自然界里代替爬行类而取得统治的地位。

鸟类出现于中生代中期，距今约一亿五六千万年左右，较哺乳类为晚。始祖鸟化石从侏罗纪地层中发掘出来，经过考

究,有羽毛存在,可推断它是能够飞翔的恒温动物,其他器官也更完善复杂。到白垩纪后,鸟类趋向于“现代化”发展了,也就是说,爬行动物的特征渐渐消失,鸟类的特征愈益显著了。从第三纪开始,现代常见的各种鸟类都先后出现了。

## (六) 人类的起源

人类是与现代类人猿由共同祖先——一种古猿演化而来的。这种古猿在新生代第三纪成群地生活在气候温湿地区的茂盛树林中。后来由于造山运动,气候渐渐变为干燥,森林面积收缩减少,因而迫使有些区域的古猿沿着残留的树林迁移到气候温湿和有森林的地区而演化为现代类人猿。另外有些区域的古猿仍然遗留在残余树林中生活。此后气候越来越干燥,树林面积更缩小了,这部分古猿不得不从树栖转到地面生活并逐渐发展成为人类。

世界上已发现了不少古人类的化石骨骼。如东非人,约生活在 170 多万年之前;蓝田人,在我国陕西蓝田发现,约生活在 50~60 万年前;北京人,在北京周口店发现,约生活在 45 万年之前;爪哇人,发现于印度尼西亚东爪哇,约生活在 50 万年之前;马坝人,发现于广东马坝,约生活在距今 10~20 万年之间;克罗马弄人发现于欧洲,生活在 2.5 万年之前,与现代人类相似;山顶洞人,在北京周口店发现,生活在 1 万年之前。最近非洲东部又发现古人化石和石器文化,说明这种古人已能制造工具,而且有材料证明其绝对年代为距今 261 万年,他们最早的代表为 290 万年前(尚未命名)。这是目前已发现的地球上最早的人。

从古猿演变为人类有一段漫长的过程。古猿由树栖转到地面上活动后,逐渐摆脱用手帮助的习惯,而学会了直立行

走。这就完成了从猿转变到人的具有决定意义的一步。在长期适应地面直立移动生活习性过程中,使得两手获得解放,能进行劳动,制造和使用工具。“手变得自由了,能够不断地获得新的技巧,而这样获得的较大的灵活性便遗传下来,一代一代地增加着”。“所以,手不仅是劳动的器官,它还是劳动的产物。”但手并不是孤立的,随着手的发展,身体其余部分也起了变化,特别是发音器官和脑尤为突出。

由于人类的祖先是社会性的,在劳动的发展过程中必然促使社会成员更紧密地互相结合起来,因而逐渐产生了语言,使不发达的喉头和口部改造成为能说话的器官。所以,恩格斯说:“语言是从劳动中并和劳动一起产生出来的”。

首先是劳动,然后是语言和劳动一起成了两个最主要的推动力,在它们的影响下,猿脑就逐渐地变成为人脑。而脑的发展又反过来对劳动和语言起作用,为后两者的进一步发展提供了新的推动力。在这种情况下,终于演化成为古代的人类。只有人才会制造工具,没有一只猿手曾经制造过一把哪怕是最粗笨的石刀。人类社会区别于猿群的特征就是劳动。恩格斯说:“劳动创造了人本身”。正确地阐明了劳动在从猿到人的转变过程中的作用。

根据以上所述,可见生物只能是通过物质运动,由简单到复杂,逐步发展,即由无生命物质逐步形成,先从无机化合物形成简单有机物,如碳氢化合物,再逐渐发展为复杂的有机物,如碳水化合物、氨基酸、蛋白质、核酸等,最后发展为具有生物的新陈代谢特征,能生长、繁殖、遗传、变异和适应的原始有生命物质——蛋白体,即最初的生命。在此基础上,以后再发展成为单细胞生物,由单细胞生物演化为各种多细胞植物和动物,并从最高等动物、哺乳类中的猿类分化出人类。





S0012927

从生命起源及其演化过程来看，在简单有机物出现以前是无机世界时期；从简单有机物出现到蛋白体的出现，是生命起源时期；从蛋白体到单细胞生物的出现，是细胞起源时期；从单细胞生物出现到猿的出现，是多细胞生物的起源与进化时期；从猿到人，是人类起源时期。

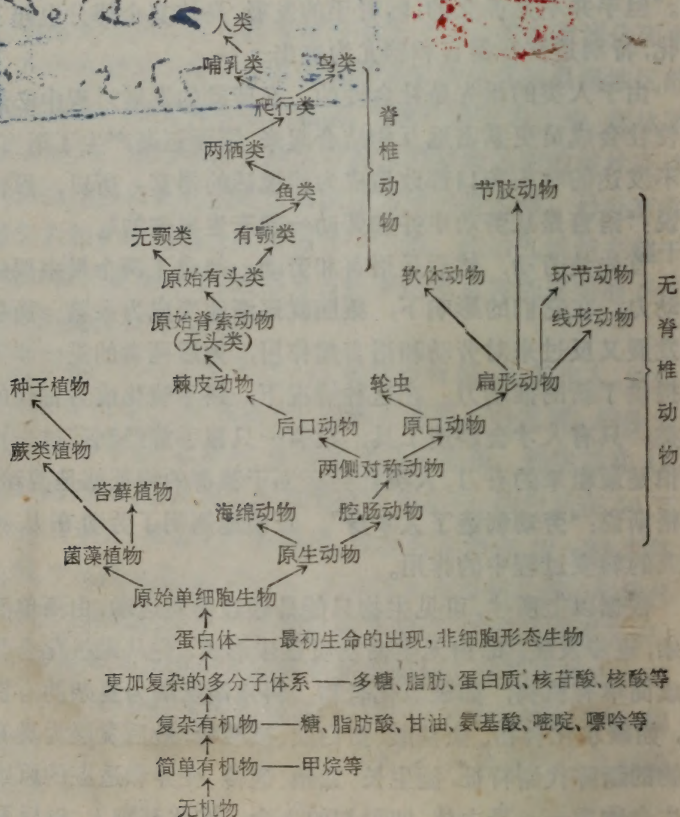


图 337 生命起源及进化谱系图



58.1

I40

019976

(1)

书

名

生物学基本知识

借者姓名

借出日期

还书日期

张晓明

1971.6.4

58.1

I40

注 意

請勿在书上批改圈点，

折角。

019976

植物所图



统一书号: 13171·119

定 价: 0.84 元